Aprendizaje activo de la Física y la Química

Editor: Gabriel Pinto Cañón

J. Ablanque, C. Abradelo, J.M. Abraham, A. Alañón, J. Albéniz, J.M. Alcaraz, G.
Ablanque, C. Abradelo, J.M. Abraham, A. Alañón, J. Albéniz, J.M. Alcaraz, G.
Barajas, F. Barbadillo, R.M. Benito, M. R. Berraondo, A.B. Bentley, P. Blázquez, F. Borondo, B. Braña, P. Cabildo, M.A. Calvo, M.E. Cámara, C. Camba, M.C. Cardona, B. Carrascal, I. Carrillo, E. del Castillo, C.M. Castro Acuña, M. D. Castro Guío, E. Cerro, J. Cuadros, D. Curvale, T. Delgado, J.M. Díaz de la Cruz, E. Díez de Garay, R. Domínguez Gómez, M.J. Domínguez González, C. Escolástico, P. Escudero, S. Esteban, J.C. Fandiño, M. Y. Fernández de Aránguiz Guridi, A. Fernández López, F. Fernández Martínez, A. Filgueira, S. Flores, M.M. de la Fuente Soto, A. Gallardo, B. Gámez, M.L. Gámez, L.F. García Bermejo, A.I. García Díez, B. García García, A. García Llama, A. García Ruiz, L. García Soto, B. Garrido Garrido, B. Garzón, R. Gómez Fernández, A. Gómez Gómez, D. González, M.L. González Arce, P. González del Barrio, P. González García, C. González Giralda, E. González Izquierdo, M.L. González Pereiro, M. Iglesias Rivera, E. Iglesias Yuste, M.C. Izquierdo, J. Jiménez, P.B. Kelter, F.P. León, J.A. Llorens, L.B. López Vázquez, J.C. Losada González, J. Losada del Barrio, F. Lytle, M.E. Maia, L. Mammino, F. Martín Alfonso, M. Martín Sánchez, M. T. Martín Sánchez, R. Martínez Herrero, J. Martínez Urreaga, M.C. Matías, P. M. Mejías, M.J. Melcón, J. Melero, L. Mezzano, J.L. Mier, S. Miguel, M.J. Molina, C. Molpeceres, P. Morales Bueno, M. Morales Furió, E. Muñoz, J.A. Murillo, J.L. Ocaña, L.E. Ochando, P. Palacios, I. Paz, F. Peral, J. Pérez Esteban, J. Pérez Tudela, C. Pierce, P. Pinilla, G. Pinto, G. Piquero, M.A. de la Plaza, R. Pou, J. E. Quintanilla, V. Ramírez, M.A. Raso, C. Reinoso, M.F. Rey-Stolle, M.C. Rivero, P. Román, M. Ruiz Nuño, C. Russell, P. Saavedra, E. Sánchez de la Blanca, P. Sánchez González, K. Sánchez Noriega, A.M. Sánchez Pérez, L. Seidel, M.A. Seijo, J. Serna, I. Serra, F. Sierra, R. Torralba, S. de la Torre, L.M. Trejo, M.D. Troitiño, D. Tudela, C. Valdez Gauthier, A. Valea, O. Valiente, A. Varela, P. Varma-Nelson, P. Wahnón, G.C. Weaver, D.J. Wink, M. Yuste, S. Zaragoza

Colección: Didáctica de la Física y la Química

Editor: *Gabriel Pinto Cañón*
Diseño cubierta: *Víctor Manuel Díaz Lorente*



© De cada uno de los autores
© 2007 EQUIPO SIRIUS

ISBN: 978-84-95495-81-5

Depósito legal: M. 27.898-2007

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

En los años 2003 y 2005 se celebraron los anteriores *Foros de Profesores de Física y de Química en la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid*, donde se abordaron aspectos relacionados con la "Didáctica de la Química y Vida Cotidiana" y la "Didáctica de la Física y la Química en los Distintos Niveles Educativos", respectivamente.

La idea de estos encuentros es que sirvan, junto con otros eventos organizados por diversos organismos, como "catalizadores", para fomentar la reflexión sobre aspectos concretos de la práctica docente de la Física y de la Química en sus distintos niveles educativos. En este tercer encuentro se propone como eje fundamental de los trabajos, el aprendizaje activo de estas Ciencias.

El concepto de "aprendizaje activo" es destacado como una herramienta esencial para la innovación educativa, en las diversas etapas de la enseñanza e incluye diversos métodos como aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje cooperativo, práctica en el laboratorio, tutorías, y discusión de casos prácticos, entre otros, así como el empleo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

A nivel universitario, el nuevo enfoque metodológico, asociado al proceso de construcción del *Espacio Europeo de Educación Superior,* mediante el conocido como "proceso de Bolonia", implica que el sistema educativo español actual, basado en la "enseñanza", debe transformarse en otro basado en el "aprendizaje", lo que supone una mayor implicación y autonomía del estudiante y un nuevo papel del profesorado como agente creador de entornos de aprendizaje que estimule a los alumnos. Como es bien sabido, una herramienta básica para facilitar este cambio es el empleo del crédito ECTS (*European Credit Transfer and Accummulation System*).

Para los lectores interesados en consultar y analizar las implicaciones docentes del nuevo marco educativo en la universidad española, se recomienda la consulta del documento sobre *"Propuestas para la renovación de las metodologías educativas en la Universidad"*, editado por el Ministerio de Educación y Ciencia y accesible a través de la página *Web* del propio ministerio (http://www.mec.es).

Con esta perspectiva, auspiciada por el *Grupo de Didáctica e Historia de la Física y de la Química de las Reales Sociedades Españolas de Química y de Física* y el *Grupo de Innovación Educativa de "Didáctica de la Química", de la Universidad Politécnica de Madrid*, se organizó una Jornada monográfica sobre "*Aprendizaje Activo de la Física y la Química*". Su objeto principal fue compartir y discutir experiencias, metodologías y resultados alcanzados en distintos entornos educativos.

La Jornada se celebró en la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, el 10 de Julio de 2007, lo que constituye el *Tercer Foro Bienal de Profesores de Física y Química* celebrado en este Centro.

En este libro se recogen los textos de los trabajos presentados en dicho evento, en forma de exposiciones orales, carteles y discusiones. Dichos textos han sido elaborados por un total de 146 autores. Los trabajos se han agrupado en diversos

capítulos para facilitar la lectura, si bien hay trabajos que, por su propia naturaleza, pudieran pertenecer a varios capítulos.

En la Jornada participaron, entre asistentes y autores, cerca de 300 profesores de treinta Universidades, algo más de cincuenta Centros de Educación Secundaria y otras Instituciones de casi toda la geografía española, con aportaciones también de docentes de otros países, como Estados Unidos, Argentina, Chile, México, Perú, Sudáfrica y Portugal.

La Jornada se inscribe, además, en el contexto del *Año de la Ciencia de España*, durante el que se pretende fomentar el conocimiento científico por parte de la ciudadanía y el nacimiento de vocaciones hacia las distintas ramas de la Ciencia y de la Técnica entre las jóvenes generaciones.

El Comité de Honor de la Jornada estuvo constituido por:

- Excmo. Sr. D. Javier Uceda Antolín, *Rector Magnífico de la Universidad Politécnica de Madrid.*
- Ilmo. Sr. D. Antonio Moreno González, *Director del Instituto de Formación del Profesorado del Ministerio de Educación y Ciencia.*
- Ilmo. Sr. D. Jesús Félez Mindán, *Director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid.*
- Ilmo. Sr. D. Nazario Martín León, *Presidente de la Real Sociedad Española de Química*
- Ilma. Sra. Dª. Rosa María González Tirados, *Directora del Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad Politécnica de Madrid.*
- Ilma. Sra. Dª. Otilia Mó Romero, *Presidenta de la Sección de Madrid de la Real Sociedad Española de Química.*
- Ilmo. Sr. D. José Losada del Barrio, *Director del Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Madrid.*
- Ilmo. Sr. D. José Luis Ocaña Moreno, *Director del Departamento de Física Aplicada a la Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid.*
- Ilmo. Sr. D. Mario F. Redondo Ciércoles, *Presidente de la Comisión de Enseñanza de la Asociación Nacional de Químicos de España.*
- Ilmo. Sr. D. José Miguel Abraham, *Editor del Anuario Latinoamericano de Educación Química (ALDEQ).*
- Ilmo. Sr. D. Paul B. Kelter, *Presidente del International Center for First-Year Undergraduate Chemistry Education (ICUC).*

Para difundir el evento en un entorno lo más amplio posible, se constituyó un Comité Científico y Organizador integrado por docentes de áreas variadas de la Física y de la Química, de diversos niveles educativos y de múltiples Centros. Dicho Comité estuvo formado por los profesores:

- Gabriel Pinto Cañón (Presidente), *Universidad Politécnica de Madrid.*
- Julio Casado Linarejos, *Universidad de Salamanca.*

- Carlos Mauricio Castro Acuña, *Universidad Nacional Autónoma de México.*
- Cecilia Collado, *Universidad de Concepción, Chile.*
- Pilar Escudero González, *Reales Sociedades Españolas de Física y de Química.*
- Maria Elisa Maia, *Universidade de Lisboa.*
- Liliana Mammino, *University of Venda, Sudáfrica.*
- Manuela Martín Sánchez*, Universidad Complutense de Madrid.*
- María Teresa Martín Sánchez*, I.E.S. Fernando de Rojas de Salamanca.*
- Maria T. Oliver-Hoyo, *North Carolina State University, Estados Unidos.*
- Raimundo Pascual González*, I.E.S. Herrera Oria de Madrid.*
- Antonio Pozas Magariños, *Asociación de Profesores de Física y Química de la Comunidad de Madrid.*
- María del Tura Puigvert Masó, *Associació de Professors de Física i Química de Catalunya.*
- Pascual Román Polo, *Universidad del País Vasco.*
- Carmen Valdez Gauthier, *Florida Southern College, Estados Unidos.*
- Gabriela Weaver*, Purdue University, Estados Unidos.*

Además de a las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química, a través de su *Grupo de Didáctica e Historia*, y al *Grupo de Didáctica de la Química* (Grupo de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid), entidades organizadoras del evento, es de justicia el agradecimiento a otras organizaciones e instituciones que colaboraron de diversa manera en la celebración de la Jornada, como son:

- Universidad Politécnica de Madrid.
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la U.P.M.
- Instituto Superior de Formación del Profesorado del Ministerio de Educación y Ciencia.
- Sección de Madrid de la Real Sociedad Española de Química.
- Foro Química y Sociedad.
- Federación Empresarial de la Industria Química Española.
- Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad Politécnica de Madrid.
- Foro de la Industria Nuclear Española.
- International Center for First-Year Undergraduate Chemistry Education.
- Anuario Latinoamericano de Educación Química.

Cabe destacar también la ayuda prestada por los profesores que constituyeron el Comité Local de la Jornada, integrado por: J. Albéniz, M.V. Arévalo, R. Barajas, I. Carrillo, F. Collar, M.R. Cubeiro, V.M. Díaz, M.A. Fernández López, M.M. de la Fuente, J. Martínez Urreaga, M.C. Matías, S. Miguel, M.J. Molina, A. Narros, C. Reinoso, I. Paz, M.I. del Peso, P. Pinilla, y M.P. Saavedra. De forma especial se agradece la labor desarrollada, como Secretaria de la Jornada, por Dª. Purificación Herranz Escolano.

Este texto y la Jornada ya citada, forman parte de una acción global sobre *“Enseñanza-aprendizaje de la Química y la Física y Vida Cotidiana”* que incluye también la edición y mantenimiento de páginas en *Internet* sobre el tema, en la dirección: http://quim.iqi.etsii.upm.es/vidacotidiana/Inicio.htm. En esta dirección se recoge este texto (con ilustraciones en color) para facilitar su divulgación.

Y, como decíamos ya en años anteriores, uno de los objetivos de esta acción es promover la colaboración entre docentes de diversos niveles educativos y entornos, desarrollando herramientas para su empleo en las tareas de formación, al objeto de que las nuevas generaciones aprecien cómo la Física y la Química ayudan a la mejora de las condiciones de vida y al desarrollo sostenible.

Julio de 2007

ꝏ Pilar Escudero González, *Presidenta del Grupo de Didáctica e Historia de las RR. SS. EE. de Física y de Química.*
ꝏ Manuela Martín Sánchez, *Directora del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad Complutense de Madrid.*
ꝏ Gabriel Pinto Cañón, *Presidente del Comité Científico y Organizador de la Jornada sobre “Aprendizaje Activo de la Física y la Química”.*

Parte I

Recursos Educativos para el Aprendizaje de la Física y la Química

IDEAS PARA HACER TRABAJOS EXPERIMENTALES EN EL AULA CON ALUMNOS DE NIVELES NO UNIVERSITARIOS

Manuela Martín Sánchez [a]**,** ***María Teresa Martín Sánchez*** [b]
[a] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales
Facultad de Educación, Universidad Complutense de Madrid
[b] IES Fernando de Rojas, Colombia 46, 37003 Salamanca
mmartins@edu.ucm.es, mtmartin@ono.com

Todos los profesores sabemos que la capacidad de atención de un estudiante en el aula se va reduciendo a medida que pasa el tiempo. Los psicólogos opinan que, en ningún caso, el tiempo óptimo de atención excede los veinte minutos, incluso en los alumnos de niveles universitarios, sin duda mucho menos tratándose de alumnos de Secundaria. Por eso proponemos una serie de trabajos experimentales sencillos que se pueden hacer en el aula y que sirven para cambiar de actividad y para desarrollar la capacidad de los alumnos para aprender a observar y a expresarse, y muchas veces para que sean significativos los conceptos que queremos que aprendan.

1. INTRODUCCIÓN

La experiencia de más de cuarenta años como profesoras nos permite asegurar que romper el ritmo de una clase, más o menos teórica, para desarrollar en el aula una actividad experimental tiene muchas ventajas, además de ser muy bien acogida por los alumnos que la consideran como un pequeño descanso .

Teniendo en cuenta que en la actualidad sufrimos una especie de polución de imágenes que nos bombardean por todos los sitios, creemos que tiene aún mas vigor lo que decía Ramón y Cajal, después de describir lo que había disfrutado la primera vez que vio con el microscopio, sobre cómo los glóbulos se alargaban para atravesar los capilares (1): *"la observación suministra a más de los datos empíricos con los cuáles hemos de formar el juicio, ciertos factores sentimentales insustituibles: la sorpresa, el entusiasmo, la emoción agradable que son fuerzas propulsoras de la imaginación constructiva. La emoción enciende la máquina cerebral, que adquiere por ella el calor necesario para la forja de intuiciones favorables…."*

Para que estas actividades sean fructíferas para los alumnos es imprescindible que participen en el desarrollo, dirigidos con preguntas adecuadas, y que éstos tengan que entregar algo por escrito porque, si no se hace así, puede quedar reducida a un espectáculo, lo cual sólo será adecuado hacer en momentos excepcionales. Corregir estos escritos será una herramienta muy valiosa para el profesor, porque le permitirá conocer de primera mano qué es lo que realmente entienden los alumnos y será mucho más fiable que cualquiera de los resultados de las encuestas que leemos todos los días en trabajos de investigación. También es verdad que supone un trabajo añadido para el profesor, y más aún si el grupo es muy numeroso. En este caso, el profesor podría

optar por sortear y recoger solo cada día los escritos de un grupo de alumnos, aunque lo ideal es que se los lea todos.

Las actividades que proponemos son muy variadas y se refieren a temas muy dispares porque lo único que pretendemos es dar ideas que, en un momento determinado, puedan servir de ayuda a cualquier profesor si no las conoce. Por agruparlas de alguna forma las hemos clasificado según proponemos desarrollarlas:

- Experimentos utilizando el retroproyector.
- Trabajos suficientemente llamativos que hace directamente el profesor en el aula.

2. EXPERIMENTOS UTILIZANDO EL RETROPROYECTOR

El retroproyector es un medio muy valioso para presentar hechos experimentales y que todos los estudiantes puedan participar en su desarrollo. Si bien es verdad que, en estos momentos, está a punto de desaparecer y que en pocos años será sustituido por una cámara y un cañón de proyección, la técnica a seguir en el desarrollo de estos experimentos será la misma y las ideas serán igual de válidas, e incluso se podrán conseguir imágenes más nítidas con este nuevo sistema.

2.1. Espectro de la luz blanca

El espectro de la luz blanca se puede hacer utilizando el retroproyector en el aula de dos formas:

- Colocando un recipiente transparente (caja o cristalizador) con agua sobre el retroproyector. Si se tapa el espejo del retroproyector aparece en la pantalla y en diversos puntos del aula (techo o paredes) el espectro de la luz blanca.
- Colocando sobre el retroproyector dos cartulinas negras separadas entre sí de forma que en la pantalla aparezca una rendija vertical, si se pone sobre la lente del retroproyector una rendija de 600 líneas/mm, sobre la pantalla aparece el espectro.

En este segundo caso se pueden hacer espectros de absorción colocando sobre parte de la rendija una cubeta transparente con un líquido o una disolución coloreada y que los alumnos comparen el espectro de la zona en que la luz atraviesa por la cubeta y la zona en la que no pasa, y comprobando qué colores desaparecen (2).

2.2. Simulación de la estructura de la materia

Para iniciar el tema, en el aula y sobre retroproyector, hacemos una simulación sobre la tendencia a agruparse de las burbujas y cómo siempre tienden a apoyarse en algo, que puede ser otro grupo de burbujas o las paredes del recipiente. Para ello colocamos en una caja de plástico transparente agua con una gota de detergente líquido y una cucharada de azúcar, inyectamos aire con una jeringuilla provista de la aguja correspondiente, con lo cual aparecen una serie de burbujas cuyo tamaño varía según el calibre de la aguja y según la fuerza con que presionemos la jeringuilla. Cada vez que producimos más burbujas, se añaden a las anteriores, reagrupándose de nuevo.

Lo mismo sucede cuando van desapareciendo. El azúcar se añade para conseguir que las burbujas duren más tiempo. Se puede aludir a la representación de la materia como una estructura donde la masa está concentrada en los núcleos, rodeados de una corteza "casi vacía", el núcleo está simulado por el punto brillante que cada burbuja, como lente convergente, produce sobre la pantalla, mientras que el resto que queda más oscuro simularía la corteza.

También puede servir como una simulación de lo que sucede en la cristalización.

2.3. Reacción del sodio con el agua

Se trata de una reacción muy espectacular, en la que todos los alumnos se quedan asombrados al ver la “bolita” de sodio desplazarse sobre el agua. Es un buen ejercicio de observación para los alumnos, que deben anotar todo lo que sucede para, después, buscar la explicación de por qué sucede.

Colocamos sobre el retroproyector dos cápsulas Petri en las que ponemos agua y fenolftaleína, y en una de ellas añadimos una gota de detergente líquido. Sobre cada una de las cápsulas añadimos un trocito de sodio metálico del tamaño de una lenteja Cuando desaparecen, añadimos otra vez, repitiendo la operación varias veces para que los estudiantes puedan observar lo que sucede. Antes de añadir el trocito de sodio en la cápsula lo colocamos sobre el retroproyector para que los alumnos comprueben que es irregular y se fijen en que, nada más echarlo sobre el agua, se convierte en una esfera. Por otra parte, el contenido de la cápsula se pone de color fucsia característico de la fenolftaleína en medio básico, la bolita de sodio se mueve a gran velocidad dejando una estela de burbujas y, cuando choca con la pared de la cápsula, rebota con el mismo ángulo. Se mueve mejor en la cápsula que tiene detergente.

Al final deberán llegar a la conclusión de que el sodio irregular se ha convertido en una esfera (gota) porque se ha fundido (la reacción es exotérmica y la temperatura de fusión del sodio relativamente baja). Al entrar en contacto con el agua reacciona produciendo hidróxido de sodio, por eso la fenolftaleína se pone rosa, e hidrógeno, que es la estela de burbujas que sale de la bolita como si fuera un avión a reacción. Se mueve mejor en la cápsula que tiene detergente ya que, por su acción, disminuye la tensión superficial del agua. El choque de la “bolita”, con la pared de la cápsula, como se mueve en un colchón de gas hidrógeno, es perfectamente elástico y cumplen las leyes de la reflexión. (4).

2.4. Acción de un campo magnético sobre cargas eléctricas en movimiento

Se puede comprobar la acción de un campo magnético sobre cargas eléctricas en movimiento utilizando una cuba electrolítica que tiene un electrodo situado en el centro de la cuba y el otro sobre la pared lateral, colocándola sobre un imán de cerámica plano. Para poderlo ver en el retroproyector, como cuba se utiliza una cápsula Petri. Como electrolito se puede utilizar la disolución de cualquier sal: cloruro de sodio, sulfato de cobre, etc. Como electrodos utilizamos una barra de grafito,

extraída de una pila, que la colocamos en el centro de la cápsula Petri sujeta con un pegamento o con plastilina y un aro de hilo de cobre que lo ponemos pegado a la pared de la cápsula, de forma que quede sumergido, pero en el borde de la disolución de la sal (ver Figura 1). En la parte superior de la disolución ponemos trocitos de corcho o de papel que sirven para visualizar el movimiento de rotación de los iones. Como generador utilizamos una pila de 4,5 V. Si se quiere que se muevan más deprisa es suficiente con aumentar la potencia del imán o poner dos pilas en unidas en serie.

Es aconsejable colocar todo sobre una cubeta transparente, por seguridad para que no se manche el retroproyector. Como cubeta transparente sirve la tapa de una caja de plástico. (5)

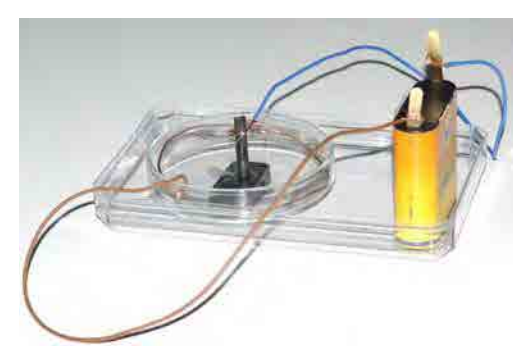


Figura 1. Dispositivo explicado en el texto.

2.5. Problema experimental

Los problemas del tipo del que proponemos a continuación, relacionado con el tema de ácidos y bases, y que une la parte teórica con la experimental, consideramos que son muy importantes desde el punto de vista didáctico: Cuatro frascos numerados de 1 al 4 contienen: agua, disolución de fenolftaleína, disolución de carbonato de sodio y ácido clorhídrico; utilizando como reactivos únicamente el contenido de esos cuatro frascos, averiguar en qué frasco se encuentra cada sustancia (3). Después de hacer un estudio teórico sobre las posibles combinaciones entre estas sustancias y qué se puede observar si hay algo visible en cada caso, se hacen las combinaciones en cápsulas Petri sobre el retroproyector, para que los alumnos comprueben el resultado de las combinaciones y deduzcan en que frasco está cada sustancia.

3. TRABAJOS SUFICIENTEMENTE LLAMATIVOS QUE HACE EL PROFESOR EN EL AULA

3.1. Un mol de agua de reacción

Este experimento sirve para hacer pensar a los alumnos sobre el agua que se produce en una reacción química. Consiste en juntar 1000 mL HCl 1,0 M y 1000 mL NaOH 1,0 M, que se encuentran en sendos matraces aforados de 1000 mL; se mezclan

lentamente y, agitando en un matraz de 2 litros, se comprueba cómo el nivel sube sobre el enrase de forma perfectamente visible. Los alumnos deberán indicar por qué el volumen es más de dos litros. Les cuesta darse cuenta que se ha formado 1 mol de agua de reacción: 18 g de agua pura (del orden de 18 mL).

Si no se dispone de matraces tan grandes se ve perfectamente utilizando la mitad de la cantidad indicada, es decir, dos matraces de 500 mL que se juntan en uno de 1000 mL. Se producirían 9 g de agua (9 mL), y en un matraz aforado es un aumento perfectamente visible.

3.2. Memoria de los materiales

La memoria de los materiales consiste en recuperar la forma que tenían a una determinada temperatura cuando se les calienta a dicha temperatura. Esta característica la descubrió de forma casual William J. Buchler, en 1958, cuando trabajaba con una aleación de níquel y titanio haciendo cabezas cónicas para misiles, en los laboratorios *Nickel Titanium Naval Ordenance Laboratory* de Maryland. A dicha aleación la denominó NITINOL, unión de las iniciales del nombre de los laboratorios. Cuando este hecho se dio a conocer en una de las reuniones científicas de estos laboratorios, los asistentes no salían de su asombro al comprobar cómo una tira de la aleación cambiaba de forma con solo calentarla con un encendedor de cigarros. Buchler se puso en contacto con Frederick E.Wang, experto en propiedades de los cristales, para que le ayudara a explicar aquel fenómeno. La causa de este comportamiento se dio a conocer en un trabajo de Wang, Buehler y Pickart (1965) sobre el estudio de un cristal aislado de la aleación de níquel-titanio mediante difracción de rayos X.

La causa es un cambio de la estructura tipo martensita a otra de tipo austenita y la temperatura de transición depende de la composición, siendo la más interesante la de las aleaciones en las que níquel y titanio están en la proporción equiatómica, es decir, níquel-titanio 1:1. No obstante, variando la composición se puede conseguir que la temperatura de transición varíe desde -50º C a 166 º C. Se trata de un balanceo entre los átomos de níquel y de titanio, que podrían ocupar los vértices o el centro de la celda cúbica unidad por un simple desplazamiento, como si se produjera una pequeña distorsión en los enlaces. El estudio de Ellis y col. (6) sobre este tema es bastante claro y se podría recomendar a nivel didáctico para profesores y alumnos de último curso de Bachillerato o de primero universitario. Este cambio de estructura conlleva un cambio en las propiedades físicas que se puede apreciar incluso en el tacto o en el ruido que hace cuando se deja caer un hilo de nitinol, que varía según en la fase en que se encuentre.

Los experimentos que proponemos son (7):

1. Comprobar que un hilo de nitinol que estaba enrollado en forma de espiral, al introducirlo en agua caliente, se pone recto o que un hilo recto, al introducirlo en agua caliente, toma una determinada forma.

2. Comprobar que un vaso de yogur se convierte en una lámina al calentarlo a 130 ºC que fue a la temperatura a la que se moldeó por soplado y se pasó de lámina a vaso.

Para calentar el vaso de yogur a 130 ºC proponemos dos formas:

1. Calentar, con un mechero de gas, sobre un trípode una caja metálica de las típicas de té inglés (la mejor es la de 125 g). La primera vez que se calienta una caja puede echar un poco de humo por la pintura; por eso antes de utilizar la caja para un experimento, si es nueva, se debe calentar con fuego fuerte, en un lugar bien ventilado, para eliminar la pintura. Cuando la caja está caliente, y sin apagar el mechero, se cuelga el vaso del yogur dentro de la caja, utilizando los rebordes que tienen tanto el vaso como la caja. Inmediatamente el fondo del vaso comienza a subir, con lo cual la etiqueta se despega y es fácil de quitar. Se extrae el vaso, y se quita la etiqueta para que no se caiga dentro de la lata, porque se quemaría y echaría mucho humo; después de despegada la etiqueta, el vaso se coloca de nuevo, para que quede colgado, como antes, en la caja y se sigue calentando hasta que queda una lámina de plástico en la parte superior de la caja metálica. Si no se dispone de la caja de té cualquier bote metálico de los que se usan en conserva de aceitunas, leche vaporizada, etc., son válidos, conviene, al abrirlos, dejarle un pequeño reborde para poder colgar el vaso sin que toque las paredes ni el fondo.

2. Calentar aceite hasta 140 ºC y verterlo sobre el vaso de yogur que está dentro de un recipiente más grande (vaso, cristalizador, etc.). Al echar el aceite, automáticamente el vaso se convierte en una lámina que queda colocada sobre la etiqueta, que sigue enrollada en forma cilíndrica, con lo cual, como es evidente, el aceite se vierte y es necesario recogerla (por eso debe estar dentro de otro recipiente más grande). Es importante controlar la temperatura del aceite, que no sobrepase de 140 ºC porque si es muy alta el vaso se funde, se rompe y no se produce el fenómeno, y si es muy baja, no es suficiente.

3.3. Reacciones de combustión

Creemos que cualquier ciudadano debe tener una idea clara de en qué consiste una reacción de combustión, y qué gases tóxicos se pueden producir; por eso nos parece interesante estudiar el funcionamiento del mechero o de una cocina de gas.

Comenzamos de forma que los alumnos observan y describen las partes de un mechero para estudiar su funcionamiento: debido al efecto Venturi, que contribuye a mezclar bien el aire y el combustible, para que la combustión sea completa. A continuación, se escriben las tres reacciones posibles del butano con el oxígeno del aire, según la proporción de aire, y se discuten las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas. Posteriormente, se comprueba qué sucede al encender el mechero según se encuentre la virola cerrada o abierta, para terminar deduciendo cuál es el color correcto de la llama y cuál el peligroso y por qué.

Otra idea importante es que muchas sustancias, que no se consideran combustibles a nivel vulgar, pueden arder incluso en condiciones especiales. Como ejemplo,

hacemos la combustión del magnesio en atmósfera de dióxido de carbono. El dióxido de carbono se produce en un frasco de cristal con bicarbonato y vinagre. Se comprueba que, en esa atmósfera, una cerilla no arde y el magnesio sigue ardiendo (8). Los alumnos deben escribir la reacción entre el magnesio y el dióxido de carbono y comprobar que el óxido de magnesio, de color blanco, queda rodeado de un polvo negro (carbón).

3.4. Propiedades de los materiales según su enlace químico

Varias actividades se pueden hacer en el aula para comprobar que las propiedades de los materiales tienen que ver con el enlace químico con el que están unidos sus átomos:

- Un vaso de poliestireno nos permite saber si el contenido de un recipiente es agua o acetona porque al verter agua no sucede nada y al verter acetona se disuelve el vaso.
- Nos cuesta doblar o romper un clip porque existen fuertes uniones entre sus átomos (regidas por fuerzas de Coulomb). Incluso podemos comprobar que, al intentar doblarlo, la energía mecánica se convierte en calorífica; se nota tocando con el clip previamente por bajo de la nariz (región muy sensible al calor) y volviendo a tocar después de manipularlo.
- Si se corta una hoja de papel apoyándola en la mesa, haciendo tiras primero en el sentido más largo y, después, en el mas corto, o la contrario, unas salen rectas y las otras se cortan por diversos sitios, porque en un caso se cortará en el sentido de las fibras (se corta entre dos fibras) y en el otro se corta por donde hay dos fibras superpuestas (puede suceder a distintos niveles).
- Se juntan 100 mL de agua y 100 mL de alcohol, medidos en sendos matraces aforados de 100 mL, en un matraz de 200 mL y el líquido no llega al enrase porque disminuye el volumen al formarse enlaces de hidrógeno entre las moléculas de agua y de alcohol.

3.5. Reacción oscilante muy sencilla

El azul de metileno, en medio fuertemente básico se reduce por acción de la glucosa para pasar a una forma incolora. Si se agita la disolución con el oxígeno del aire que contiene el recipiente, se oxida, dando de nuevo el color azul que lentamente desaparece si aún hay glucosa en la disolución. Esta operación de agitar se puede realizar varias veces, con la condición de quitar el tapón del matraz para que se renueve el aire. Al agitar se pone azul y al dejarlo en reposo desaparece el color azul siempre que aún haya glucosa sin oxidar.

No es necesario seguir una receta con cantidades determinadas pero unas cantidades adecuadas son: 100 mL de agua, 2 g de hidróxido de sodio, 3 g de glucosa, un matraz redondo o un matraz erlenmeyer de 200 mL provisto de tapón, y 3 gotas de la disolución alcohólica de azul de metileno al 2 % que se utiliza en microscopía.

3.6. Reacciones luminiscentes

Se produce este fenómeno siempre que, de alguna forma, en un átomo o molécula se promociona un electrón a un nivel de energía superior, sin deberse a efecto de radiación térmica, y ese electrón vuelve al nivel fundamental emitiendo luz. Científicamente se le conoce con el nombre de luminiscencia. La luminiscencia se clasifica en fluorescencia o fosforescencia según el tiempo que tarda en producirse la luz después de que los átomos o moléculas han sido excitados. Se llama fluorescencia (del latín: "*fluo*" = fluir) si el fenómeno es prácticamente instantáneo: el electrón tarda menos de 10^{-7} segundos en volver del estado excitado al estado fundamental. Sin embargo, si la molécula o el átomo pasa a un estado metaestable, se puede producir la **fosforescencia** (del griego "*phos*" luz y "*phoros*" llevar) porque los electrones van pasando muy lentamente desde ese estado metaestable al estado fundamental, con lo cual el fenómeno dura mucho tiempo. Es como si la sustancia "llevara luz", porque sigue emitiendo luz después de haber sido excitada durante un largo período de tiempo.

El paso del electrón al nivel superior se puede conseguir: mediante una radiación luminosa, por fricción, por una reacción química, impacto de partículas cargadas, etc., y por eso recibe distintos nombres: fotoluminiscencia, triboluminiscencia, quimioluminiscencia, electroluminiscencia, etc. En general, los libros de Química utilizan la palabra luminiscencia cuando se refieren únicamente a la luminiscencia producida por una reacción química (9).

3.6.1. Fotoluminiscencia

En la fotoluminiscencia, que es la producida por acción de la luz, la radiación emitida es siempre de mayor longitud de onda que la radiación excitante; por eso la mayoría de los fenómenos que conocemos de fotoluminiscencia en la vida corriente están producidos por rayos ultravioletas.

Las sustancias fluorescentes se clasifican, según el tipo de radiación que absorben, en dos grupos: las que absorben en el ultravioleta y las que absorben longitudes de onda más cortas que las del ultravioleta.

Para conseguir radiaciones ultravioleta se deberían utilizar las conocidas lámparas negras, que además de ser muy caras producen radiaciones de frecuencia peligrosa para los ojos, por lo que se necesitan una serie de precauciones para manipularlas y sólo debe hacerlo un experto. Para trabajar en enseñanzas no universitarias se pueden conseguir radiaciones ultravioleta de mayor longitud de onda, y menos peligrosas, con los tubos fluorescentes que se suelen utilizar para iluminar las salas de fiesta y que dan una luz azulada. Con este tipo de luz se pueden hacer las siguientes observaciones:

- La fluorescencia azul de una botella de agua tónica, que se debe a que tiene quinina, que absorbe estas radiaciones y da una luminosidad azul; fenómeno que, por otra parte, es bien conocido por la gente que suele frecuentar las salas de fiesta y que comprueba cómo las bebidas que toman con tónica tiene una intensa coloración azul.

- Las señales que llevan los billetes de lotería, del banco, del cupón de los ciegos, etc., para que no se falsifiquen, son marcas que son fluorescentes con este tipo de luz. Por eso, las entidades bancarias y los comercios, para determinar la autenticidad de los billetes usan estos tubos de luz azul. Este tipo de marcas fluorescentes que aparecen en los billetes es de patente española.
- La fluorescencia producida al absorber radiaciones de estos tubos azules se aprecia con la mayoría de los colores blancos de camisas, blusas, los detergentes sólidos, dientes lavados con determinados dentífricos, etc.
- La cáscara de los huevos marrones tienen este color debido a un pigmento llamado protoporfirina, que procede de la hemoglobina. Si la cáscara se ataca con ácido clorhídrico el líquido resultante tienen luminiscencia roja con los rayos ultravioleta (10). Los huevos con este tipo de cáscara se ven completamente rojos.
- La disolución alcohólica de clorofila, de color verde, aparece de color rojo con la luz ultravioleta
- Los rayos procedentes del Sol tiene una proporción pequeña de rayos ultravioleta, hecho que se puede demostrar si se hacen pasar, después de concentrarlos con una lupa, a través de una botella de tónica: la trayectoria dentro de la tónica es un rayo azul. El único material necesario para hacer la demostración es una botella de tónica, una lupa y una habitación en la que entren los rayos solares.

3.6.2. Quimioluminiscencia: luminiscencia producida por una reacción química

Material:

- 4,0 g de carbonato de sodio
- 24,0 g de hidrógenocarbonato de sodio (bicarbonato de sodio)
- 0,2 g de luminol
- 0,5 g de carbonato de amonio
- 0,4 g de sulfato de cobre (II) pentahidratado
- agua oxigenada, muy diluida,
- frasco de un litro
- refrigerante de serpentín o de bolas
- embudo pequeño
- matraz aforado de un litro
- soporte y pinzas
- vaso o frasco de unos 500 mL
- aula a oscuras

Procedimiento:

En un matraz aforado de un litro de capacidad se colocan 4,0 g de carbonato de sodio y 200 mL de agua destilada. Se agita fuertemente hasta que esté bien disuelto. Se añaden 0,2 g de luminol y se agita hasta disolución. Una vez disuelto, se añaden 24 g de hidrógenocarbonato de sodio (bicarbonato de sodio) y se vuelve a agitar hasta disolución. A la disolución se añaden 0,5 g de carbonato de amonio monohidratado y,

una vez disuelto, 0,4 g de sulfato de cobre(II) pentahidratado. Cuando todo está disuelto se enrasa con agua destilada a un litro. De esta forma se obtiene lo que llamaremos disolución A, que es perfectamente estable, si se guarda en un frasco oscuro, durante varios meses, sobre todo si se mantiene en un frigorífico.

La disolución B es agua oxigenada del 3% (aproximadamente 10 mL, mejor escasos, de agua oxigenada concentrada, de 110 volúmenes, en 1,0 L). Es importante que el agua oxigenada sea bastante diluida, de esta forma la reacción es más lenta y la luminiscencia dura más tiempo. La reacción se produce al unir las dos disoluciones y si se hace en una habitación que esté a oscuras se puede ver una luz azul. Para mezclar las dos disoluciones se puede hacer dejando caer, poco a poco, la disolución B en un vaso que tiene la disolución A. Pero resulta más espectacular si se mezclan las dos en un tubo de vidrio de forma de serpentín, para lo cual basta con mantener en posición vertical un refrigerante de bolas o de serpentín, poner en la parte superior un embudo e ir añadiendo con dos vasos las disoluciones A y B. Un montaje sencillo es sujetar un refrigerante de bolas en un soporte y colocar debajo un vaso o un frasco para recoger el líquido que va cayendo.

REFERENCIAS

1. S. Ramón y Cajal, *Reglas y consejos sobre investigación científica: los tónicos de la voluntad. Discurso de Ingreso en la Real Academia de Ciencias*, Ed. Austral, Madrid (1999).
2. M. T. y M. Martín Sánchez, *Anales de la Real Soc. Española de Química*, **2004**, Vol. 100, nº 3, 43.
3. M. y M.T. Martín Sánchez, *J. Chem. Educ.*, **1987,** Vol. 64, nº 11, 964.
4. M. Martín Sánchez, M. A. García Collantes y M. T. Martín Sánchez, *Anales de la Real Soc. Española de Química*, **2000,** abril-junio, 38-47.
5. M. y M. T. Martín, *Revista del CEP de Salamanca*, **1994**, nº 5, 73.
6. A.B. Ellis, J. Geselbracht, G.C. Lisensky, W.R. Robinson, *Teaching General Chemistry: A Materials Science Companion,* American Chemical Society, Washington (1993).
7. M. y M. T. Martín, C. Parejo, *Chem 13 News,* Universidad de Waterloo, **1993**, Vol. 224, 2.
8. M. y M. T. Martín Sánchez, *Anales de la Real Soc. Española de Química,* **1999,** Vol. 1, 48-53.
9. M. y M. T. Martín, *Anales de la Real Soc. Española de Química*, **2001,** Vol. 97, nº 4, 37-42.
10. R. Evanhoe, *Chemical and Engineering News,* 21 August, **2006**, 49.

PAPIROMOLÉCULAS: MODELOS MOLECULARES DE PAPIROFLEXIA PARA EL ESTUDIO DE LA GEOMETRÍA MOLECULAR

Belén Garrido Garrido
Colegio Guadalaviar, Avenida Blasco Ibáñez 56, 46012 Valencia
belengarrido@gmail.com

A muchos estudiantes les cuesta entender, reconocer o pensar sobre problemas químicos en tres dimensiones y desarrollan un concepto plano de la Química, desconectado de muchos aspectos de la realidad que implican la tridimensionalidad molecular. El estudio de la geometría molecular se facilita con el uso de modelos moleculares. En este trabajo se presentan las "papiromoléculas", modelos moleculares de papiroflexia de coste muy bajo que, además, pueden ser construidos por los mismos estudiantes siguiendo unas sencillas instrucciones de doblado.

1. INTRODUCCIÓN

La estructura molecular está en la base del estudio de la Química y de la Bioquímica. Las moléculas, como todo objeto material, poseen una forma y tamaño, son tridimensionales. La variedad de las formas moleculares es fascinante. Existen moléculas alargadas, las hay que son redondeadas, algunas son planas, mientras que no son infrecuentes las que forman anillos e incluso se conocen moléculas helicoidales y hasta con simetría esférica, como las moléculas de fullereno.

Curiosamente, a pesar de vivir en un mundo tridimensional, compuesto de moléculas tridimensionales, a muchos estudiantes les cuesta entender, reconocer o pensar sobre problemas químicos en tres dimensiones y, en general, en los cursos básicos de Química no se consigue introducir adecuadamente este tema (1).

En el estudio de átomos y moléculas, el filtro perceptivo de los estudiantes habitualmente tiende a ser bidimensional (2D) debido, en parte, a la metodología seguida por el profesor, que tiende a utilizar representaciones gráficas bidimensionales, tanto en la pizarra como en los libros de texto, cuando trata el tema de geometría molecular.

El resultado de esta metodología conduce a que los alumnos no estén preparados para contemplar la Química desde una visión tridimensional (3D), y desarrollen un concepto plano de esta Ciencia desconectado de muchos aspectos de la realidad que implican la tridimensionalidad molecular.

El estudio de la geometría molecular se facilita con el uso de modelos moleculares (2). Existen distintos tipos de modelos moleculares; cada uno de ellos resalta algún aspecto de la molécula. Los modelos moleculares más utilizados son los de alambre, varillas, bolas y varillas, espacial compacto o esferas sólidas entre otros.

Es interesante apuntar que, en la actualidad, las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación juegan un papel muy importante en el uso de

modelos moleculares. Existen diversos recursos informáticos que permiten manipular modelos moleculares virtuales (3). Estos recursos informáticos son muy interesantes y aprovechables en la enseñanza de la geometría molecular, pero no tienen por qué sustituir en todo momento a la manipulación directa de modelos moleculares por parte de los estudiantes. En cursos básicos de Química la manipulación de modelos moleculares reales facilita la visión tridimensional y pueden servir de recurso previo al uso de los modelos moleculares virtuales.

Aunque se pueden encontrar juegos de modelos moleculares diseñados para su manejo por los estudiantes, el uso de éstos en el aula está limitado debido a su coste y a la gran cantidad de piezas necesarias para que todos los estudiantes puedan fabricar y manejar sus propios modelos. De aquí el interés de poder utilizar, en cursos básicos de química, modelos moleculares de coste muy bajo que además puedan ser construidos por los mismos estudiantes.

En este sentido las *"papiromoléculas"*, los modelos moleculares de papiroflexia que se presentan en este trabajo, cumplen a la perfección este objetivo. Estos modelos moleculares pueden ser realizados por cualquier alumno siguiendo unas instrucciones de doblado sencillas, no se requiere una especial habilidad manual y son muy baratos.

Como todo modelo molecular, las "*papiromoléculas*" también tienen limitaciones. Una de ellas es que los modelos, cuyas instrucciones de construcción que se presentan en este artículo, sólo pueden representar a átomos que cumplan la regla del octeto y al hidrógeno. Aunque realizando algunas modificaciones, que no aparecen aquí, se pueden representar todo tipo de átomos.

2. CONSTRUCCIÓN DE LOS MODELOS MOLECULARES

El papel utilizado puede ser de colores normal de 80 g de gramaje. El esquema de color que se ha utilizado es el CPK, basado en los populares modelos de bolas y varillas desarrollados por Corey, Pauling y más tarde mejorado por Kultun. En este esquema los colores de los átomos más corrientes son: C (gris), H (blanco), O (rojo), N (azul), Halógenos (verde).

Todos los átomos, menos el hidrógeno, se representan como una estructura tetraédrica básica; esta estructura se construye con 10 cuadrados de las mismas dimensiones (si el cuadrado es de 5x5 cm la estructura resultante es de 4,5 cm de altura).

Con cuatro de estos cuadrados se hacen cuatro piezas prismáticas de la siguiente manera (Figura 1.A):

1. Doblar un cuadrado, no exactamente por la mitad, sino dejando unos 2 mm aproximadamente como indica la figura.
2. Dar la vuelta a la figura.
3. Doblar por la mitad y desdoblar. De este modo se marca una línea que divide a la figura por la mitad.
4. Doblar ambos lados hacia la línea media y desdoblar solamente el lado izquierdo AB.

5. Doblar como se indica en la figura, introduciendo AB entre los dos papeles que hay en CB.

6. La figura adquiere tridimensionalidad formándose una pieza prismática triangular. Para hacerla más estable se puede pegar la esquina de papel señalada con un asterisco aunque no es necesario.

Con los seis cuadrados restantes de papel se hacen los conectores (Figura 1.B):

1. Doblar longitudinalmente un cuadrado aproximadamente 1/3 del lado.
2. Doblar el otro lado como indica la figura.
3. La figura se vuelve a doblar longitudinalmente.
4. Por último, la figura resultante se dobla transversalmente.
5. Se obtiene una estructura en forma de “V”.

Con cuatro piezas prismáticas y seis conectores se construirá la estructura tetraédrica básica que aparece en la Figura 1.C.

Para empezar a construir el tetraedro (Figura 2.), los dos extremos de un conector se introducen en los “bolsillos” de una de las caras de dos piezas prismáticas. Estos bolsillos se forman entre las dos capas de papel de las tres caras de las piezas prismáticas (Figura 2.A). A la estructura formada se le introducen dos conectores como se indica en el dibujo (Figura 2.B).

Los dos extremos libres de los conectores se introducen en dos de los tres bolsillos de una tercera pieza prismática y, a la estructura resultante, se le da la vuelta (Figura 3.A). De este modo se obtiene una estructura formada por tres patas a modo de trípode. A este trípode, que tiene tres bolsillos libres, se le introducen en ellos tres conectores como se indica en el dibujo (Figura 3.B).

Por último se introducen los extremos libres de los tres conectores en loa tres bolsillos de la cuarta pieza prismática. De este modo se obtiene la estructura tetraédrica básica (Figura 4).

Con esta estructura tetraédrica se pueden representar átomos que cumplan la regla del octeto. El átomo de Carbono se representa como una estructura tetraédrica básica en la que cada uno de los 4 brazos equivaldrá a un orbital semilleno por lo que podrá establecer cuatro enlaces covalentes dirigidos hacia los vértices de un tetraedro. Los átomos que tengan pares de electrones no enlazantes, como el Oxígeno, Azufre, Nitrógeno o Halógenos se representan con la estructura tetraédrica básica en la que, por cada par de electrones no enlazantes, se tapona con una bola de papel uno de los brazos prismáticos; de este modo el Oxígeno estará representando por una estructura tetraédrica con dos brazos taponados, mientras que el Nitrógeno tendrá un brazo taponado y los halógenos tres.

El átomo de hidrógeno se construye como se indica en la figura 5. Se parte de un papel 5x10 cm y se obtiene una estructura prismática de 5 cm de alto.

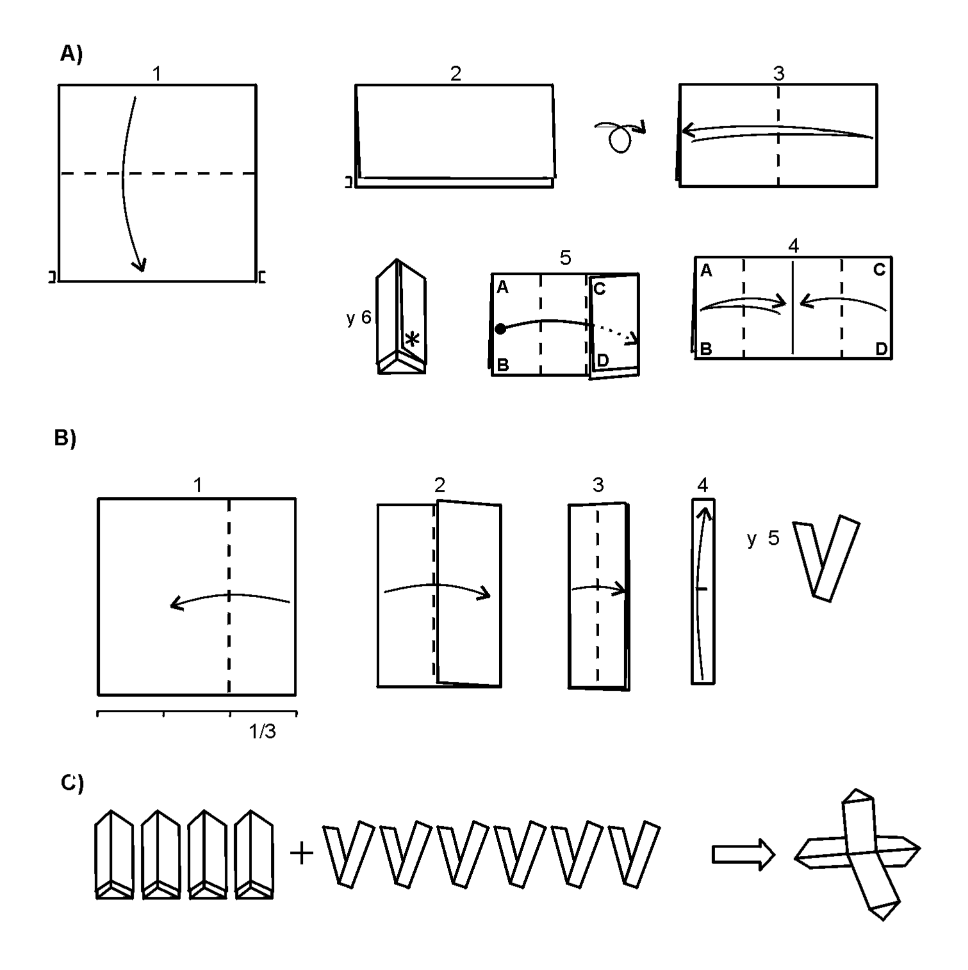


Figura 1. Primeros pasos para la construcción de "papiromoléculas".

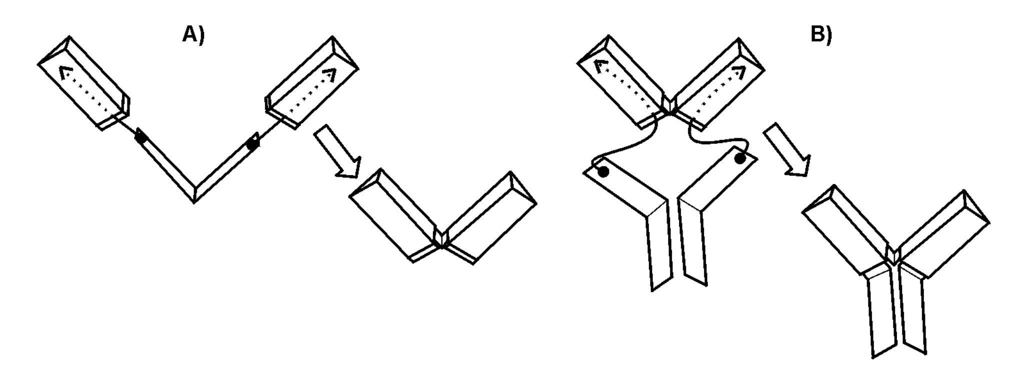


Figura 2. Fases iniciales para la construcción de tetraedros.

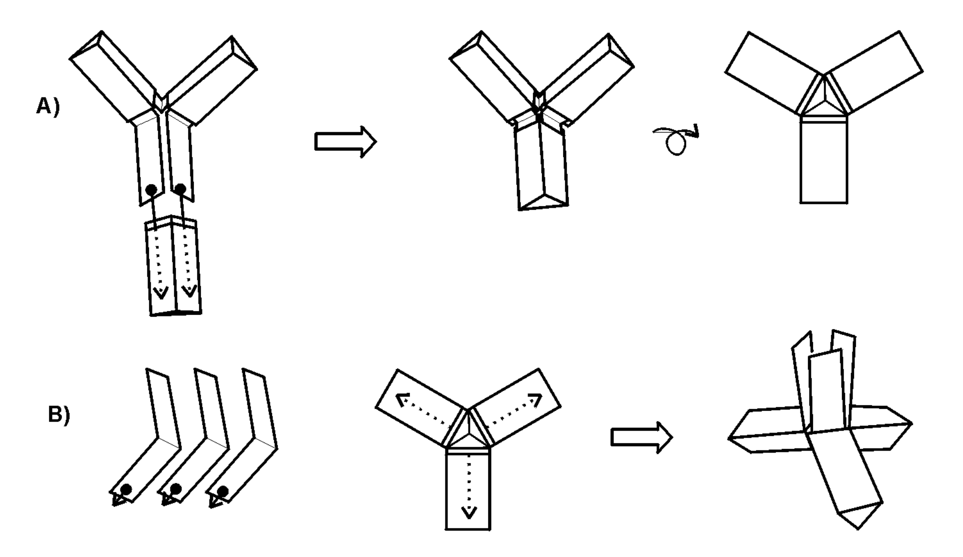
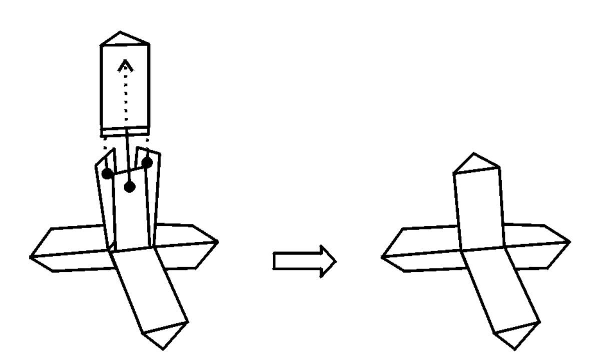


Figura 3. Pasos intermedios para la construcción de tetraedros.


Figura 4. Estructura tetraédrica básica.

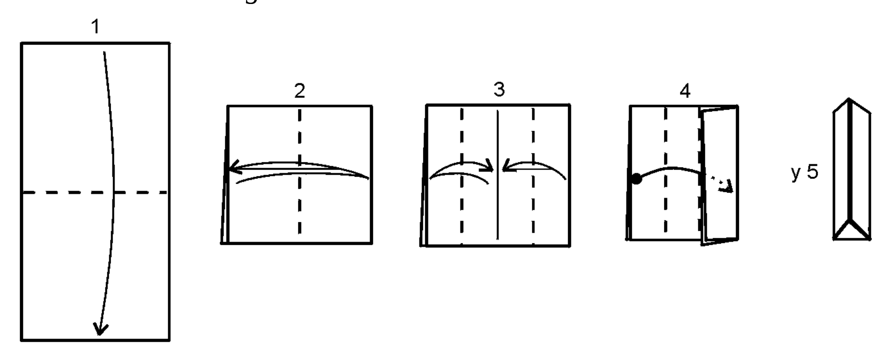


Figura 5. Construcción del modelo de átomo de hidrógeno.

El Hidrógeno se une directamente al resto de los átomos insertando las piezas que lo representan en los brazos prismáticos del átomo correspondiente; como la pieza del Hidrógeno es más larga que los brazos de los átomos, sobresale. En la siguiente fotografía (Figura 6) se representan un átomo de Carbono y una molécula de metano.

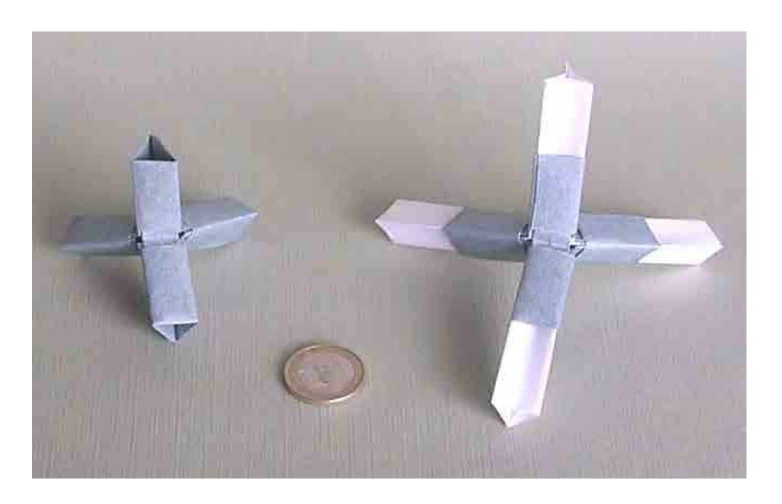


Figura 6. Átomo de carbono (izquierda) y molécula de metano (derecha).

Los enlaces entre el resto de átomos se hacen introduciendo un cilindro de papel enrollado en dos brazos prismáticos, uno de cada átomo enlazado. El cilindro de papel se construye a partir de un papel 5x10 cm (Figura 7.A). Para los enlaces simples se utiliza uno de estos cilindros, lo que permite libre giro entre los dos átomos enlazados. Para los enlaces dobles y triples se utilizan dos o tres cilindros doblados por la mitad (Figura 7.B). El color de estas piezas es blanco.

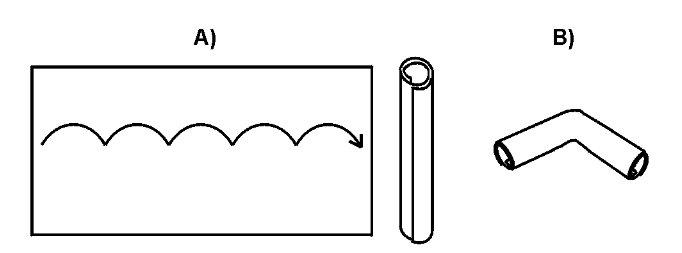


Figura 7. Representación de enlaces.

A continuación se muestran fotografías de distintos modelos moleculares realizados con las “papiromoléculas”.

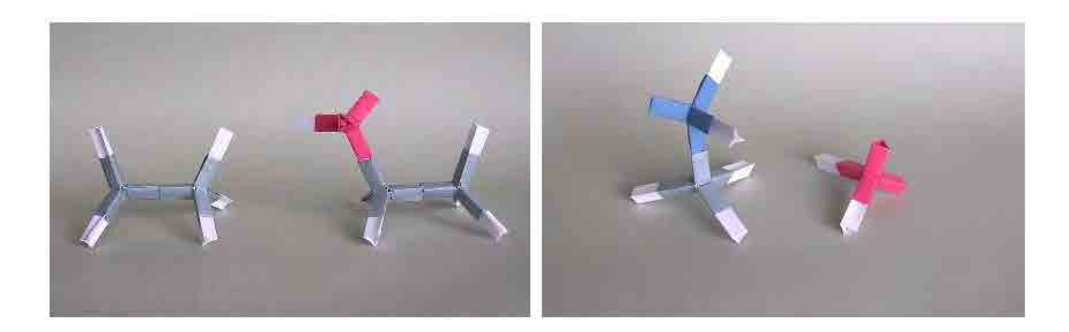


Figura 8. Etano, etanol, metilamina y agua.



Figura 9. 1,2-dicloroetano, cis 1,2-dicloroeteno y trans 1,2-dicloroeteno

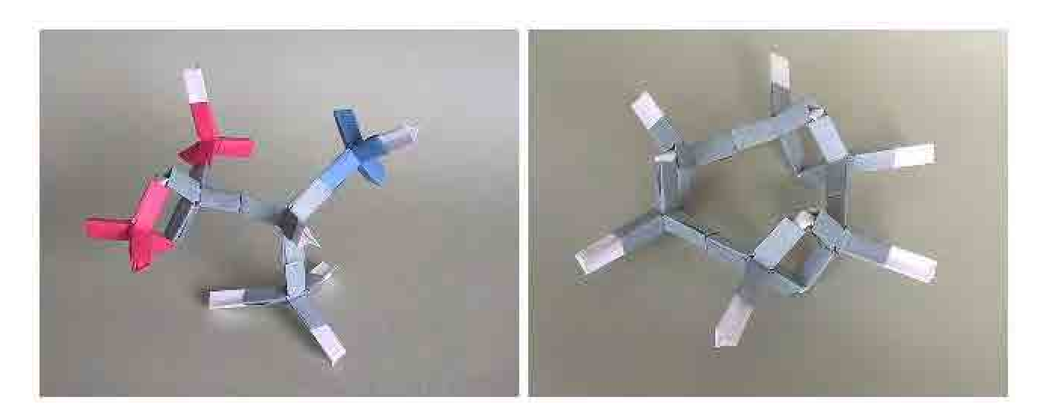


Figura 10. Ácido 2-aminopropanóico y benceno.

3. CONCLUSIONES

Durante varios años he construido con mis alumnos de distintos cursos modelos moleculares de papiroflexia. He constatado un alto grado de aceptación por parte del alumnado y también la ayuda que este recurso proporciona en el aprendizaje de la tridimensionalidad molecular. En 4º de la ESO, como introducción al concepto de la

forma de las moléculas, hemos construido modelos moleculares de hidrocarburos. En Bachillerato nos han servido como recurso en el estudio de la isomería y han contribuido a que los alumnos se familiaricen con las formas geométricas más comunes que adoptan moléculas del tipo AX_n. También han ayudado a la deducción de la polaridad molecular. Con las "*papiromoléculas*" se constatan muchas formas moleculares tridimensionales básicas que se predicen aplicando la Teoría de Repulsión de Pares Electrónicos del Nivel de Valencia.

En el portal http://www.geocities.com/papiromoleculas se puede visitar una página *Web* que he diseñado con distintas experiencias llevadas a cabo con estos modelos moleculares.

REFERENCIAS

1. C. Furió, M.L. Calatayud, *J. Chem. Educ.*, **1996,** Vol. 1, 37.
2. G.R. Parslow, *Biochemistry and Molecular Biology Education*, **2002**, Vol. 30, 128.
3. M.B. Garrido, M. Castelló, C. Furió, *Alambique*, **2001**, Vol. 30, 67.

JUGANDO CON LA TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS

Pascual Román Polo
Departamento de Química Inorgánica, Facultad de Ciencia y Tecnología
Universidad del País Vasco (UPV/EHU), Apartado 644, 48080 Bilbao
pascual.roman@ehu.es

Con ocasión de celebrarse en 2007 el centenario de la muerte de Mendeléiev y con el fin de tributarle un sentido homenaje de respeto y admiración por el trascendente legado que dejó a la humanidad, en este trabajo, se pretende utilizar la tabla periódica de los elementos para demostrar a los estudiantes que, además, de ser uno de los iconos científicos inmortales, se puede jugar con ella para aprender idiomas –principalmente, inglés– y manejar el paquete de programas del MS Office u OpenOffice. Por otra parte, la tabla periódica es una fuente de inspiración para adquirir cultura y aprender arte, historia, filología, mitología y otras habilidades y destrezas; por ejemplo, reglas mnemotécnicas.

1. INTRODUCCIÓN

La mayor parte de los estudiantes de Química, cuando se les pregunta por Dimitri Ivánovich Mendeléiev (Tobolsk, Siberia, Rusia, 1834 - San Petersburgo, 1907) responden sin dudar, que era ruso, que tenía larga cabellera y poblada barba, y que su obra más importante fue concebir la tabla periódica moderna de los elementos químicos cuando éstos se ordenan en orden creciente de su pesos atómicos y teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas. Aun siendo esto cierto, la importancia que Mendeléiev dio a su tabla periódica es menor que la que nosotros le concedemos. En su *Diario personal* escrito en 1905 -dos años antes de su muerte- escribía: “Cuatro cosas, sobre todo, me han valido renombre: la ley periódica, el estudio de la elasticidad de los gases, las soluciones consideradas como asociaciones y los ‘*Principios de Química*’**.** Ahí está toda mi riqueza. No las he robado a nadie, las he producido yo mismo, son mis hijos y les doy un gran valor, los quiero tanto como a los hijos de mi carne” y, de entre ellas, su preferida era, –según sus palabras–: “*Los Principios de Química*’ es la más querida de mis criaturas. Contienen todo mi ser, mi experiencia de pedagogo y mis ideas científicas más íntimas” (1). Dejando claro que Mendeléiev tenía predilección por otras obras suyas, menos conocidas por el gran público, Niels Bohr (premio Nobel de Física de 1922) ha dicho de la tabla periódica: “es la estrella orientadora para la exploración en los campos de la Química, la Física, la Mineralogía y la Técnica”.

Para comenzar a jugar con la tabla periódica de los elementos vamos a recuperar la primera versión en ruso que nos legó Mendeléiev (Figura 1) que fue presentada, por vez primera, según unos autores, el 17 de febrero, y según otros, el 1 de marzo de

1869, en la Sociedad Rusa de Química, por un amigo de Mendeléiev, ya que él se hallaba visitando e inspeccionando cooperativas para la fabricación de queso (2).

2. EJERCICIOS PROPUESTOS

Los cuatro primeros ejercicios propuestos son [1–4]: 1. ¿Cómo se llamaba su amigo? 2. ¿A qué especialidad de la química se dedicaba? 3. ¿Qué fecha es la correcta? 4. ¿A qué se debe esta diferencia?

Esta primera versión sugiere nuevas preguntas [5–12]: 5. ¿Qué significan los números que acompañan a cada elemento? 6. ¿Cuántos elementos químicos conocía Mendeléiev? 7. Algunos elementos van precedidos o seguidos por un interrogante, ¿qué quiere expresar su autor? 8. ¿Cuántos son estos casos? 9. En otros casos, en el lugar del elemento aparece un interrogante, ¿qué quiere decir el autor? 10. ¿Cuántos casos hay? 11. ¿Qué nombre dio Mendeléiev a los elementos de peso atómico 45, 68, 70 y 180? 12. ¿De qué idioma procede el prefijo *eka*?



ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ,

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180.
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182.
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186.
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4
			Fe = 56	Ra = 104,4	Ir = 198.
			Ni = Co = 59	Pl = 106,6	Os = 199.
H = 1			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,4	? = 68	Cr = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204.
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ra = 137	Pb = 207.
		? = 45	Ce = 92		
		? Er = 56	La = 94		
		? Yt = 60	Di = 95		
		? In = 75,6	Th = 118?		

Д. Менделѣевъ.

Figura 1. Primera versión de la tabla periódica de los elementos de Mendeléiev (1869).

En la actualidad, existen innumerables versiones de la tabla periódica de los elementos, pero, de entre todas ellas, la que destaca por su rigor, la enorme cantidad de datos físicos y químicos que facilita y su actualización es la del Dr. Mark Winter (3) conocida en todo el mundo como *webelements* (Figura 2). Esta nueva versión nos va a servir para compararla con la propuesta por Mendeléiev y obtener datos inmediatamente por ser interactiva, aunque hay que advertir que para su manejo es preciso tener unos conocimientos básicos de inglés.

La versión actualizada de la tabla periódica nos sugiere las siguientes cuestiones [13–24]: 13. ¿En función de qué propiedad se ordena la tabla periódica actual? 14. ¿A quién se debe esta clasificación? 15. ¿En qué año se introdujo esta idea? 16. ¿Qué edad tenía su descubridor cuando encontró esta nueva clasificación? 17. ¿A qué edad murió y dónde? 18. ¿Cuántos elementos se conocen en la actualidad? 19. ¿Cuál ha sido el último elemento químico en ser descubierto? 20. ¿En qué año se aisló

definitivamente? 21. ¿De qué color se representan los elementos del bloque s? 22. ¿Y los del bloque p? 23. Los elementos de color rojo, ¿qué bloque configuran? 24. ¿Y los de color verde?

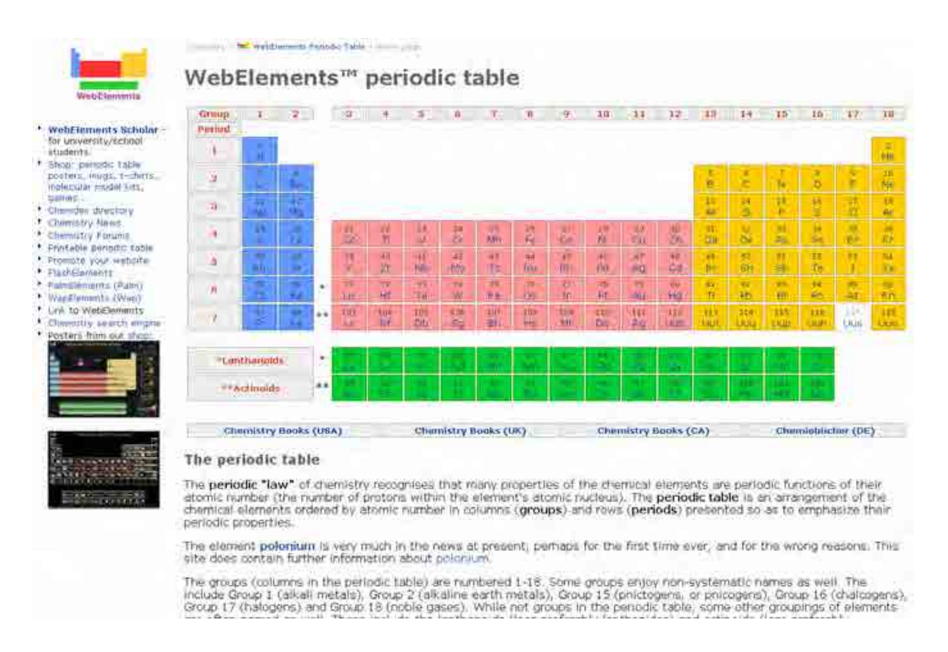


Figura 2. Portada de la página webelements *del Dr. Mark Winter.*

El pasado 2 de febrero de 2007 y coincidiendo con la fecha exacta del centenario de la muerte de Mendeléiev, el servicio español de Correos emitió un precioso y didáctico sello conmemorativo (Figura 3) en el que se funden armoniosamente, según las ideas de su autor, Javier García Martínez, los colores de los bloques *s*, *p*, *d* y *f*, con uno de los cuadros del pintor holandés Piet Mondrian (1872-1944). Este sello de Correos ha aparecido en la página *webelements* (4) gracias a las gestiones del profesor Gabriel Pinto, quien lo ha utilizado en su clase de primer curso de Química de la ETSII de la UPM (Madrid) y ha elaborado las tres cuestiones siguientes [25-27]: 25. Comentar brevemente el motivo de dicha emisión (aniversario de la fecha, imagen representada,…). 26. Señalar qué representan los espacios coloreados (azul, rojo, amarillo y verde) y sus dimensiones. 27. Comentar el significado (y su importancia en el desarrollo histórico del sistema periódico) de los cuatro cuadrados blancos que se han representado en la zona amarilla y en la roja (5).

A partir de la página *webelements* vamos a buscar los elementos químicos comenzando por el hidrógeno (H, Z = 1) hasta acabar en el ununoctio (Uuo, Z = 118). El ejercicio tiene como finalidad encontrar en la sección *History* el nombre de cada elemento y clasificarlo en alguno de los siguientes tipos: Propiedad física (color, densidad, …), propiedad química (generador de compuestos, reactividad,…), lugares geográficos (continente, país, ciudad, región, …), ríos, mitología, minerales, cuerpos

celestes, científicos ilustres, centros de investigación, nombres sistemáticos de la IUPAC, otras categorías distintas a las anteriores o indefinidos (cuando no sepamos ubicar a algún elemento en las categorías anteriores).



Figura 3. Sello de Correos emitido el 2 de febrero de 2007 para honrar a Mendeléiev.

Se aconseja que los estudiantes se acostumbren al manejo del paquete de programas *MS Office* (*Word, Excel y Power Point*) u *OpenOffice* (*software* libre) y aprendan a navegar en *Internet* para buscar algunas páginas *Web* de interés para resolver el trabajo. También, deberán traducir algunos textos del inglés al castellano con el fin de clasificar los elementos químicos. Se recomiendan: el diccionario inglés http://www.m-w.com/ y para traducir al castellano el conjunto de diccionarios http://www.diccionarios.com/. Para conocer el significado de algunas palabras en castellano es conveniente que utilicen el diccionario de la Real Academia Española (http://www.rae.es/).

Esta clasificación permitirá ampliar nuestra cultura, siguiendo el proceso siguiente:

1. Visitamos http://www.webelements.com/ > *History* > Elemento deseado.

2. Se prepara una tabla preliminar (en inglés) para traducirla y, más tarde, se clasifican los elementos químicos en los diferentes tipos (Tabla 1).

3. Se elabora una tabla preliminar (en castellano) para clasificar los elementos químicos en los diferentes tipos (Tabla 2). Es importante que en la primera columna los estudiantes asocien el símbolo con el número atómico (Z) y el año de su descubrimiento.

4. Se prepara una tabla para clasificar los primeros diez elementos químicos en las diferentes clases (Tabla 3).

5. Una vez elaboradas las Tablas 1 y 2, el alumno continuará este procedimiento en grupos de 10 en 10 (empleando tantas tablas como precise). Los nuevos elementos hallados los clasificará en la Tabla 3, colocándolos en la clase que le corresponda.

Una vez completados los 118 elementos, calculará en la Tabla 3 (columna tercera) los elementos que hay de cada clase. Con estos datos se realizarán los siguientes ejercicios [28–34]: 28. ¿Cuántos elementos han sido descubiertos por españoles? 29. ¿Quiénes fueros sus descubridores? 30. ¿En qué años fueron descubiertos? 31. ¿Qué elemento tiene nombre español? 32. ¿Qué significa? 33. Represente en una tabla los elementos químicos que han descubierto los distintos países. 34. Utilice el programa *Excel* para obtener una representación gráfica de los elementos descubiertos en función del tiempo (Figura 4).

Tabla 1. Clasificación preliminar de los elementos químicos en inglés.

Elemento	**Descubridor, ciudad, país, año, significado del elemento**
H	Henry Cavendish, London, England, 1766. From the Greek words "*hydro*" and *"genes*" meaning "*water*" and "*generator*"
He	Sir William Ramsay and independently by N. A. Langley and P. T. Cleve London, England and Uppsala, Sweden, 1895. From the Greek word "*helios*" meaning "*sun*".
Li	Johan August Arfvedson, Stockholm, Sweden, 1817. From the Greek word "*lithos*" meaning "*stone*", apparently because it was discovered from a mineral source whereas the other two common Group 1 elements, sodium and potassium, were discovered from plant sources.
Be	Nicholas Louis Vauquelin (1763-1829), France, 1797. From the Greek word "*beryllos*" meaning "*beryl*"
B	Sir Humphrey Davy, Joseph-Louis Gay-Lussac, L.J. Thenard. England, France. 1808. From the Arabic word "*buraq*" and the Persian word "*burah*".
C	Known since ancient times although not recognised as an element until much later. Not known, no data. From the Latin word "*carbo*" meaning "*charcoal*".
N	Daniel Rutherford, Scotland, 1772. From the Greek words "*nitron genes*" meaning "*nitre*" and "*forming*" and the Latin word "*nitrum*" (nitre is a common name for potassium nitrate, KNO_3)
O	Joseph Priestley, Carl Scheele, England, Sweden, 1774. From the Greek words "*oxy genes*" meaning "*acid*" (sharp) and "*forming*" (acid former).
F	Henri Moissan, France, 1886. From the Latin word "*fluere*" meaning "*to flow*".
Ne	Sir William Ramsay, Morris W. Travers, London, England, 1898. From the Greek word "*neon*" meaning "*new*".

Tabla 2. Clasificación de los elementos químicos en castellano.

Elemento (Z = n, año)	**Descubridor, ciudad, país. Significado del elemento**
H (Z = 1, 1766)	Henry Cavendish, Londres, Reino Unido. De las palabras griegas "*hidro*" y "*geno*", significa "que genera agua".
He (Z = 2, 1895)	

Tabla 3. Clasificación de los elementos químicos en las diferentes clases.

Clase	**Símbolo del elemento (Z = n, año)**	**Total**
Indefinido	Ne (Z = 10, 1898)	
Propiedad química	H (Z = 1, 1766), N (Z = 7, 1772), O (Z = 8, 1774),	
Cuerpo celeste	He (Z = 2, 1895),	
Mineral	Li (Z = 3, 1817), Be (Z = 4, 1797), B (Z = 5, 1808), C (Z = 6, ¿?),	
Propiedad física	F (Z = 9, 1886),	

Con todos los elementos ordenados cronológicamente por periodos de tiempo se puede confeccionar una tabla. El fin de esta tabla es realizar una gráfica en la que los alumnos vean que el descubrimiento de los elementos se ha realizado cuando se han producido avances teórico-prácticos por el advenimiento de nuevas teorías que confirman los nuevos hechos experimentales y se ha producido un desarrollo científico y tecnológico importante (Figura 5) (6).

La página *Web* del Dr. Winter (3) también puede emplearse para aprender inglés y Química, escuchando las características de los elementos encontrados. Para ello, basta entrar en *webelements*, seleccionar el elemento deseado y visitar *Description* pulsando el altavoz.

Un ejercicio útil consiste en comparar los pesos atómicos de los elementos químicos empleados por Mendeléiev en 1869 con los valores actuales. Para este propósito se puede realizar una tabla en la que se presenten ambos valores con el fin de ver la diferencia. De este modo, se puede comprobar con claridad que los valores de los pesos atómicos utilizados por Mendeléiev (Figura 1) son imprecisos y, a veces, erróneos, mientras que los utilizados en la actualidad son más precisos y tienen un valor entre paréntesis detrás del último dígito. Esta comparación nos permite formular las siguientes cuestiones [35–40]: 35. ¿Cuál era el elemento de referencia en la época de Mendeléiev? 36. ¿Y en la actualidad? 37. ¿Qué significa el valor entre paréntesis detrás del último digito? 38. ¿Qué significa isótopo? 39. ¿Quién introdujo el concepto de isótopo? 40. ¿En qué año?

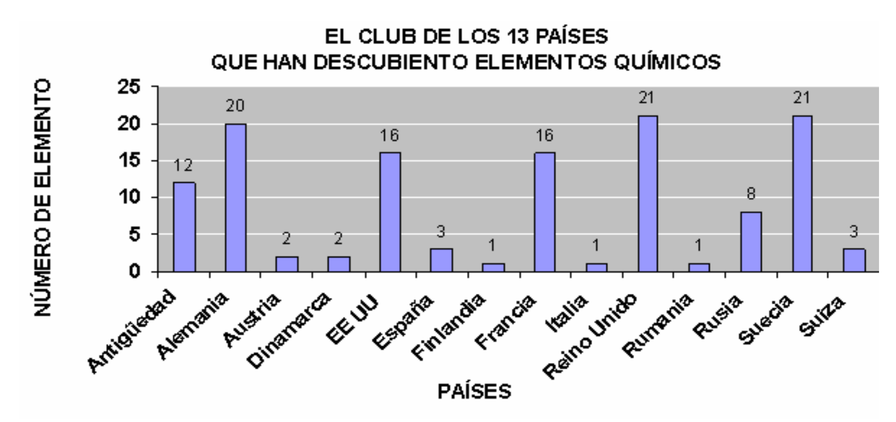


Figura 4. Países que han descubierto elementos químicos.

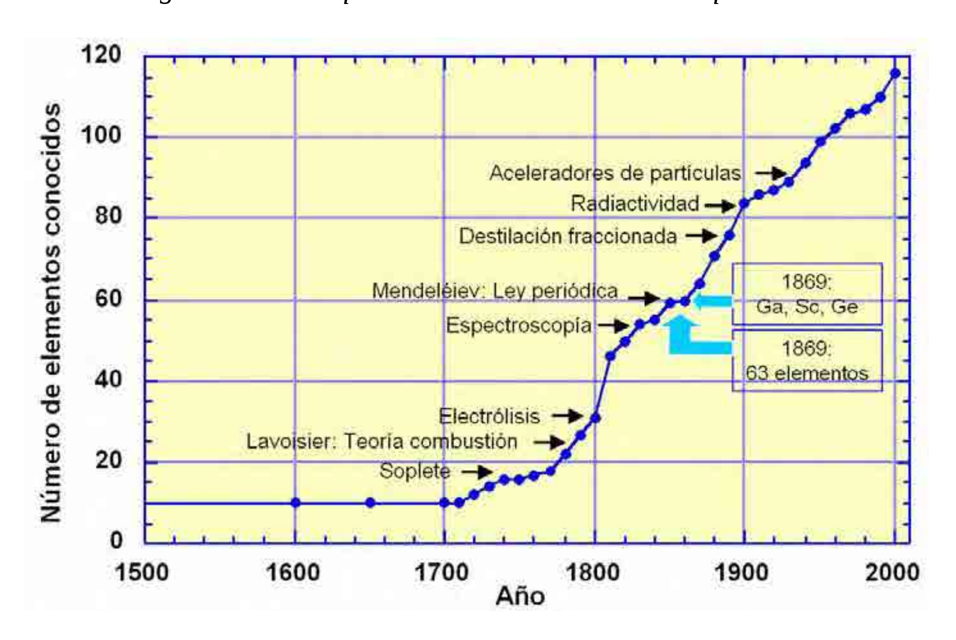


Figura 5. Evolución del descubrimiento de los elementos químicos con el tiempo.

Recientemente, la compañía *Merck* ha lanzado una excelente tabla periódica interactiva (Figura 6) que permite jugar en el sentido más estricto de la palabra y competir con otros jugadores sobre el dominio de la tabla periódica de los elementos químicos, sus características y sus propiedades físicas y químicas (7).

Algunos centros de enseñanza secundaria –por ejemplo, el IES Victoria Kent– han ideado excelentes pasatiempos (véase ‘El rincón de la Ciencia’, nº 23), que permiten jugar con la tabla periódica en busca de los elementos químicos ocultos (8).

A modo de ejemplo, indicaré que existe una regla mnemotécnica que permite recordar los once primeros elementos químicos, “**HH** dijo: **L**a **BBC** **NO** **F**u**N**cio**Na**”.

Sólo hay que retener las letras señaladas en negrita y asociarlas con los símbolos correspondientes. Con el fin de jugar con la familia, a los alumnos más jóvenes les sugiero, que pregunten a sus padres o abuelos quién era HH y qué institución se esconde detrás de las siglas BBC.

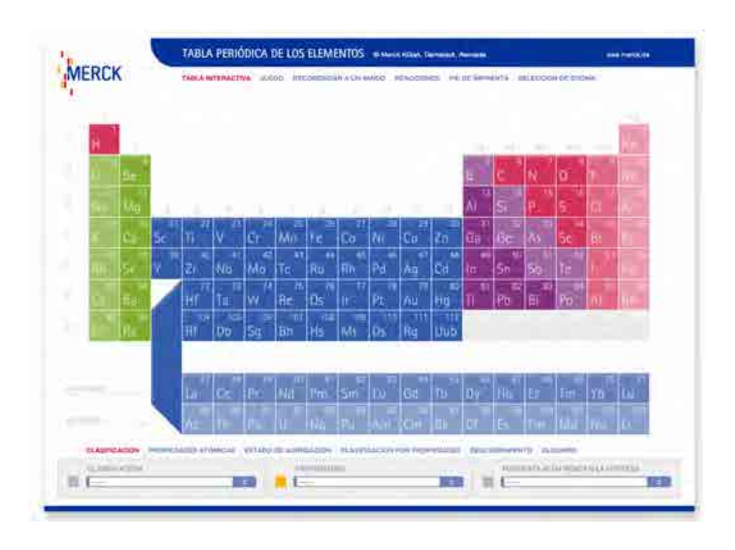


Figura 6. Tabla periódica interactiva de Merck que permite jugar y competir.

REFERENCIAS

1. P. Román Polo, *Mendeléiev: el profeta del orden químico*, Nivola, Tres Cantos (2002).
2. M. D. Gordin, *Angew. Chem. Int. Ed*., **2007**, Vol. 46, 2-10.
3. M. Winter, http://www.webelements.com (Visitada el 18/04/2007).
4. Sello de Correos emitido el 02/02/2007 para honrar a Mendeléiev, http://www.webelements.com/nexus/node/1169 (Visitada el 18/04/2007).
5. G. Pinto, comunicación personal, marzo de 2007.
6. P. Román Polo, *Anales RSEQ*, **1999**, *95(1)*, 28–33.
7. Tabla periódica interactiva de Merck, http://pse.merck.de/merck.php?lang=ES (Visitada el 18/04/2007).
8. Elemental querido Watson, http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Ind-num.htm (Visitada el 18/04/2007).

LOS JUGUETES DE BERILIO: UNA EXPERIENCIA EDUCATIVA DE TRANSMISIÓN-APRENDIZAJE DE CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS EN EDUCACIÓN INFANTIL

Mª. Jesús Domínguez González, Pilar Blázquez Morcuende,
Bárbara Braña Borja, Mª. del Carmen Cardona Montano,
Esther del Castillo Pérez, Beatriz García García,
Mª. Luz González Pereiro, María Ruiz Nuño
Departamento de Ciencias Aplicadas y Ciclo de Educación Infantil
Colegio Sagrado Corazón
Plaza de María Ana Mogas, 12. 28034 Madrid
smjdominguez@yahoo.es

El presente trabajo presenta la metodología empleada en el proceso de formación-aprendizaje de alumnos de Educación Infantil sobre contenidos en el ámbito de las Ciencias Aplicadas (principalmente Física y Química). El objetivo planteado para el desarrollo de la experiencia es que los niños comiencen a familiarizarse de forma precoz con los conceptos y terminología científicos y aprendan la utilidad de los mismos en un ámbito natural de atracción como es el empleo y disfrute de juguetes. Se considera que en dicha precocidad en el aprendizaje radica una importante parte del éxito en la motivación del alumno por los aspectos científico-técnicos del mundo en que habitamos y, con ello, una parte importante del desarrollo de su capacidad para el aprendizaje académico de los mismos en cursos superiores.

1. INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más dependiente de los avances tecnológicos, la formación del alumnado al objeto de que pueda comprender, disfrutar y aprovechar de forma adecuada los fundamentos de los mismos se revela como un desafío de gran importancia para los profesionales de la enseñanza de las Ciencias.

De forma consistente con este planteamiento y teniendo en cuenta las tempranas edades en las que los niños y jóvenes se ven inmersos en el uso y conocimiento de distintos elementos cotidianos que incorporan los últimos desarrollos científico-tecnológicos, parece de suma importancia aprovechar y encauzar la natural curiosidad y deseo de aprender de los alumnos de corta edad para formarles desde dichas tempranas edades en los fundamentos científicos más asequibles de los diversos elementos de la vida cotidiana, comenzando así una labor que desemboque con el paso del tiempo en una motivación y formación efectivas en dichos aspectos.

Se considera que a la edad característica del grupo de alumnos seleccionado como objetivo sólo es posible la transmisión efectiva de los conocimientos del tipo considerado a través de la experimentación (jugando) y con un lenguaje muy atractivo

para ellos (el de los cuentos), pero, al mismo tiempo, se considera que precisamente en el logro de una importante precocidad en el aprendizaje radica el deseado éxito en la motivación del alumno por los aspectos científico-técnicos del mundo en que habitamos y, con ello, una parte importante del desarrollo de su capacidad para el aprendizaje académico de los mismos en cursos superiores.

Una razón inicial para el planteamiento de la experiencia ha sido, en la práctica, la observación de que una gran parte de los alumnos de niveles educativos de E.S.O. y Bachillerato no eligen o abandonan el estudios de las asignaturas de Ciencias por la creencia de que entrañan más dificultades y sacrificio que otras relacionadas con las Letras: Las tendencias de la vida cotidiana les envuelven y les hace vivir de una forma acelerada, utilizando los desarrollos científicos y tecnológicos, pero no permitiéndoles pararse a pensar sobre los fundamentos de los mismos (¿por qué determinado fenómeno ocurre así? o ¿por qué dicho dispositivo funciona de esa manera?).

Según la opinión de una gran parte de los profesores que imparten asignaturas de Física y Química, en el sistema educativo actualmente vigente el estudio de estas materias de forma mínimamente rigurosa y específica se puede llevar a cabo solamente a edades muy tardías (14 años en adelante), y solamente con carácter optativo, observándose que a estas edades una parte importante de alumnos no parecen querer complicarse con el estudio de dichas asignaturas, que en la práctica les obliga ciertamente a una disciplina y labor de estudio para superarlas con éxito.

Sí se observa un mayor interés por parte de dichos alumnos cuando se les presentan las citadas materias de una forma práctica y experimental, pero también en este caso se pone de manifiesto una falta de hábito de razonamiento y profundización en aspectos cuantitativos que debería haberse evitado a través de una formación progresiva desde edades más tempranas.

Siguiendo recientes tendencias en metodología y técnicas de formación para el estudio de las Ciencias (1) y recogiendo la invitación concreta de los especialistas del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología, se ha desarrollado un programa experimental de formación precoz (en niños escolarizados en Educación Infantil) encaminado a cumplir dichos objetivos.

El fundamento de la metodología empleada radica principalmente en el uso de juguetes con principios físicos de funcionamiento de cierta sencillez y cuentos asociados que hacen intuir dichos fundamentos a través de los cuales los alumnos van aprendiendo leyes de comportamiento físico cuya existencia podrán recordar y fijar cognoscitivamente experimentando un verdadero “crecimiento científico”.

2. OBJETIVOS

El principal objetivo formulado para el desarrollo del Proyecto es la presentación y puesta en práctica de una propuesta considerada innovadora para la motivación precoz de alumnos (en edades correspondientes a Educación Infantil) por el aprendizaje de las Ciencias como vía de fomento de su curiosidad y capacidad para el aprendizaje científico en cursos superiores.

De forma más analítica, los objetivos de carácter más específico planteados son:

- Lograr que los alumnos de Educación Infantil descubran la Física a través de los juguetes.
- Capacitar a estos alumnos de Educación Infantil para que puedan explicar a otros alumnos, familiares y público en general la física de los juguetes.
- Divulgar la Física en el marco del propio Colegio y en los programas desarrollados por el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Adaptar el aprendizaje de la Física a nivel de Educación Infantil y Primaria utilizando el lenguaje que mejor conocen: los cuentos y su propio cuerpo (expresión corporal).
- Incorporar a su vocabulario palabras y expresiones científicas que sólo pueden entender a través de la experimentación.
- Despertar, tanto en los alumnos participantes, como en los visitantes de las exposiciones asociadas al Proyecto, la curiosidad por el entorno y la formulación de preguntas como ¿Qué es?, ¿Por qué?, ¿Cómo funciona?, etc.
- Proponer y facilitar una forma para que los padres jueguen con sus hijos, utilizando estos ratos de ocio para aumentar su conocimiento científico.
- Propiciar que, a través de la Plástica, reproduzcan en plastilina y en dibujo los juguetes, aumentando así su grado de percepción real de los mismos.
- Motivar y fomentar el conocimiento por parte de los alumnos de los Museos y su misión educativa.
- Favorecer la ampliación e intercambio de conocimientos entre profesores de distintos niveles de enseñanza.
- Impulsar la colaboración entre profesores para elaboración de materiales y recursos didácticos.
- Mostrar un aspecto lúdico y útil de la Física a los alumnos mayores del Centro.

3. METODOLOGÍA

La Experiencia Educativa “Los Juguetes de Berilio” se articula, según lo expuesto, alrededor de la transmisión de conocimiento científico a los alumnos basado en el empleo de juguetes seleccionados y en su participación activa a través de la escenificación verbal y psicomotora de cuentos elaborados sobre la base de los fundamentos científicos de los mismos.

Desde un punto de vista de organización práctica, la experiencia se ha concebido sobre la base de “Rincones Temáticos” en cuyo entorno los alumnos desarrollan sus procesos de aprendizaje y puesta en juego de sus intervenciones con vistas a la Exposición.

Los Rincones Temáticos definidos por el Departamento de Ciencias Aplicadas han sido: Mecánica, Fluidos, Ondas, y Electromagnetismo.

Y, dentro de cada Rincón Temático, se han seleccionado un conjunto representativo de juguetes con principio físico de funcionamiento característico en torno a los cuales se ha elaborado un conjunto de Cuentos, Retahílas, Adivinanzas,

Canciones y Ejercicios de expresión corporal, sobre cuya base ha sido planteado el aprendizaje y actuación de los alumnos, seleccionados solamente en función de su aparente curiosidad y carácter imaginativo ante los juguetes didácticos.

Siendo los juguetes elementos indispensables para el desarrollo de la Experiencia, la misma se ha planteado, sin embargo, esencialmente desde una perspectiva curricular, es decir, de manera globalizada a través de los hábitos de experiencias o áreas implicadas en la Educación Infantil: Identidad y autonomía personal, Descubrimiento del medio físico y social, Comunicación y representación, etc., e intentando cumplir con los principios de toda intervención educativa: Partir del nivel de desarrollo cognitivo del alumno y procurar la construcción de aprendizajes significativos a partir de los mismos (2,3).

Todo ello motivando un proceso de interiorización individual que, partiendo de la manipulación experimental, conduzca a manifestaciones verbales y no verbales que lleven al niño a ser consciente de su propio aprendizaje.

Desde un punto de vista concreto, la secuenciación de actividades concebida ha sido la siguiente:

1. Indagación inicial sobre el conocimiento previo de los alumnos de actividades semejantes a la considerada; en particular indagación de su conocimiento sobre los museos y sus fines.
2. Exposición al conjunto de los alumnos participantes del resultado final de la actividad desde el punto de vista de su participación, es decir, su trabajo de escenificación de cuentos relativos a juguetes en Rincones Temáticos. Esta actividad se considera fundamental a la hora de motivarles positivamente y animarles a colaborar activamente en la Experiencia.
3. Presentación en el seno de los respectivos grupos de alumnos asignados a cada uno de los Rincones Temáticos de los elementos constitutivos de dichos rincones, de los juguetes con que trabajarán y de la forma en la que se va a desarrollar su participación.
4. Desarrollo de sucesivas fases de observación y manipulación de los juguetes por parte de los alumnos, de manera libre primero y guiada después, con el fin de exploren y experimenten en una primera fase el proceso de aprendizaje.
5. Desarrollo de sucesivas fases de expresión verbal en las que los alumnos vayan siendo capaces, con ayuda de sus profesoras, de ir encauzando el contenido de su actuación. Dichas fases comprenderán, sucesivamente:

- Etapas de expresión libre, en las que los alumnos manifestarán de forma libre lo que les sugieren los juguetes empleados, contando experiencias asociadas a algún juguete parecido u objeto real y buscando una definición sencilla sobre la base de las cualidades o funcionalidad de los mismos.
- La etapa fundamental de aprendizaje de cuentos, retahílas y adivinanzas especialmente creadas para la Experiencia con el fin de facilitar la comprensión de los principios físicos implicados.

- Una etapa accesoria pero importante de aprendizaje de palabras nuevas relacionadas con dichos principios físicos que motivarán altamente al alumno en función de la propia percepción de su conocimiento "avanzado".

- Una etapa final de demostración de lo aprendido a través de la respuesta a preguntas seleccionadas.

6. Desarrollo de una fase, considerada de gran importancia de cara a la presentación pública de la Experiencia, de expresión corporal basada en ejercicios seleccionados de Psicomotricidad acordes con la descripción del funcionamiento de los juguetes seleccionados.

7. Desarrollo de una fase de expresión plástica (basada en dibujo, modelado y realización de composiciones gráficas tipo "*collage*"), mediante la cual los alumnos afianzarán sus conocimientos sobre el funcionamiento y características esenciales de los juguetes utilizados.

De forma adicional, a lo largo de todo el proceso educativo descrito, se ha de tener en cuenta de forma importante la necesidad de implicación positiva de los padres y la colaboración con los correspondientes profesores, de manera que, a través de dicha participación, quede potenciado el crecimiento cognoscitivo y personal del niño.

Se considera que sin el adecuado acompañamiento del adulto no hay verdadero desarrollo, ya que éste debe cubrir un conjunto de necesidades afectivas y emocionales del niño y debe ser mediador entre éste y el mundo exterior, expresando y organizando aquello que el niño aún no es capaz de verbalizar (2,3).

4. DESARROLLO PRÁCTICO DE LA EXPERIENCIA

En el plano de realización práctica de la Experiencia, la primera labor a realizar, con carácter previo a la puesta en marcha del procedimiento metodológico dirigido a los alumnos, era la de seleccionar el conjunto de juguetes apropiados a la misma, su agrupación en los correspondientes Rincones Temáticos y, sobre todo, la elaboración de las correspondientes fichas descriptivas en las que se deberían dejar claramente documentados (al alcance de las profesoras de Educación Infantil) los fundamentos físicos, características principales y mecanismos de funcionamiento, con objeto de que dichas profesoras pudieran desarrollar el conjunto de material pedagógico para la progresión de los niños de acuerdo con los puntos descritos en el apartado de Metodología.

En contra lo que a primera vista pudiera parecer, esta labor de preparación de fichas individualizadas representó para las profesoras del Departamento de Ciencias Aplicadas un trabajo realmente complicado, a la vez que altamente atractivo, pues se habían de cuidar detalles mínimos en la exposición de fundamentos físicos de manera que, por una parte, el conjunto resultara autoexplicativo y, por otra, se transmitieran de forma lo más cercana posible, pero sin pérdida apreciable de rigor científico, los principios físicos asociados a cada funcionamiento.

Tras el desarrollo de varias sesiones de trabajo conjunto entre el Departamento de Ciencias Aplicadas y el Ciclo de Educación Infantil en el que se fueron, por una parte,

seleccionando juguetes y, por otra, eliminando los aspectos de difícil comprensión y concretando y perfeccionando el citado contenido, finalmente quedó preparado un total de 19 fichas específicas correspondientes a otros tantos juguetes y experiencias, agrupados en los distintos Rincones Temáticos en la forma indicada en la figura 1.

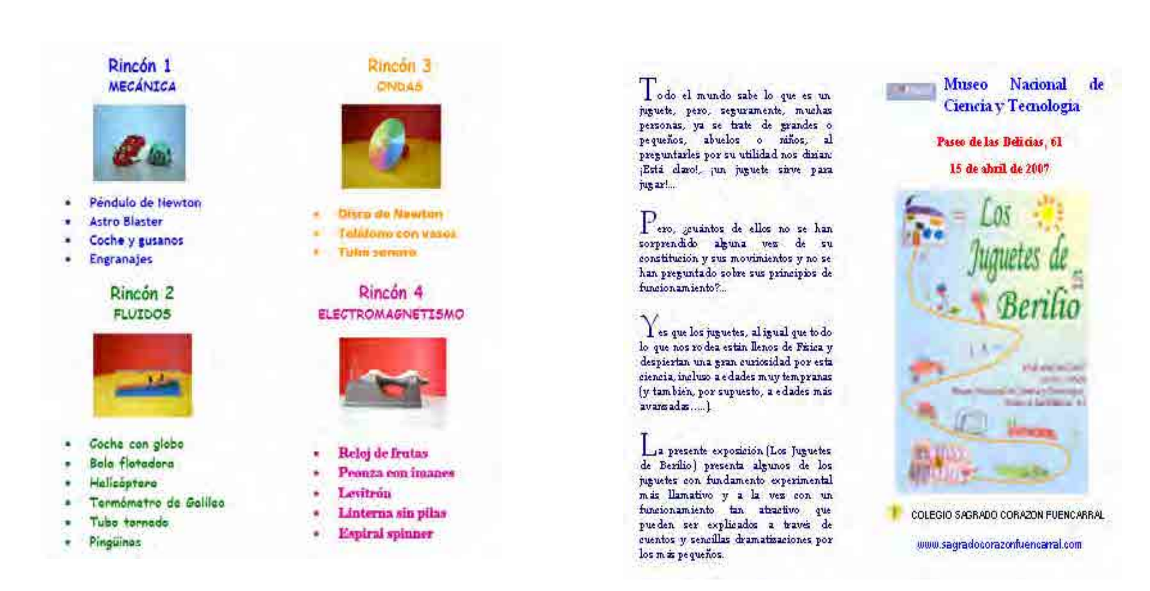


Figura 1. Rincones temáticos de la experiencia "Los Juguetes de Berilio" y detalle del tríptico anunciador de la Exposición, en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Al final del primer trimestre del curso 2006-2007 el material desarrollado quedó listo para su utilización de acuerdo con el procedimiento metodológico concebido. A partir de este momento, las profesoras de Educación Infantil han desarrollado un trabajo directo con los alumnos, aportando sus propios elementos transmisores de conocimiento (Cuentos, Retahílas, Adivinanzas,…) como parte fundamental de la puesta en práctica de la Experiencia.

En el momento de elaboración de este texto, ya ha quedado realizada la Primera Fase de Exposición (Museo Nacional de Ciencia y Tecnología) y el desarrollo de la Experiencia continúa hasta la puesta en práctica de la segunda fase (en la Jornada de Puertas Abiertas del Colegio).

5. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA

Por tratarse de una experiencia en curso, aún no ha sido posible la evaluación completa de los resultados de la misma. Sin embargo, a tenor de la muy favorable acogida que el desarrollo de la misma ha suscitado en la citada Fase de Exposición en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MNCT), tanto a nivel de los niños y sus

familias como del público asistente, se puede anticipar que el éxito ha sido importante, al menos desde el punto de vista de ilusión por la participación en una experiencia educativa innovadora, por el grado de asimilación de los conceptos y vocabulario científicos observados en los alumnos participantes y de la demostración de capacidad de motivación hacia un colectivo de alumnos normalmente no acostumbrado a este tipo de experiencias, hecho que ha sido puesto de manifiesto por el Departamento de Didáctica de la Fundación del Museo en la carta de felicitación emitida tras el desarrollo de la misma.

En la figura 2 se muestran unas instantáneas de la citada fase de exposición en el MNCT.





Figura 2. Instantáneas de la Exposición de la Experiencia en el MNCT (15 de abril de 2007).

Posteriormente, en la segunda fase de la Exposición, ya de cara a la Jornada de Puertas Abiertas del Centro, se espera que, por una parte, la experiencia acumulada a través del desarrollo de la primera fase, y, por otra, el mayor grado de familiaridad de los niños con el entorno educativo, propicie un desarrollo de carácter más festivo que redunde en su mayor aprovechamiento de la Experiencia.

En todo caso, y constituyendo el Proyecto descrito, una experiencia unitaria cuya maduración y perfeccionamiento se pretende seguir a lo largo de sucesivos cursos y, en último término, contrastar *a posteriori* con los resultados obtenidos en los alumnos participantes con relación a sus correspondientes grupos de población de referencia, se entiende que el trabajo de evaluación no ha hecho sino comenzar.

De forma consecuente, el trabajo del equipo proponente continuará en el futuro desarrollando tal labor de seguimiento de la Experiencia y seguirá motivado en la línea de contribuir, con su pequeña aportación a través del trabajo con los más jóvenes, al logro del objetivo fundamental de que las Ciencias sean cada vez objeto de mayor valoración por parte de la Sociedad.

5. DISCUSIÓN Y LÍNEAS DE FUTURO DESARROLLO

En la opinión de las autoras, el desarrollo del proyecto descrito ha constituido una experiencia educativa gratificante y atractiva, llena de interés y significado para el niño, basada en gran parte en sus preguntas e iniciativas, y que se estima ha de repercutir de forma positiva tanto en la motivación de los alumnos por las materias de Ciencias como en su capacidad de conocimiento del medio y actitud general ante los desafíos académicos.

A partir del desarrollo de esta primera puesta en práctica de la Experiencia, se pretende realizar un seguimiento específico de los alumnos participantes al objeto de observar su grado de interés y rendimiento en materias científicas, que se espera sea superior al de la población de referencia.

REFERENCIAS

1. A. Cuñat *et al.*, *Química, una Ciencia para todos,* en Didáctica de la Física y la Química en los distintos niveles educativos, G. Pinto (Ed.), Sección de Publicaciones de la ETSII-UPM (2005).
2. M.P. Lebrero, *Especialización del Profesorado en Educación Infantil,* Textos UNED (2002).
3. M.E.C., *Diseño Curricular Básico en Educación Infantil,* Libro Blanco del Ministerio de Educación y Ciencia (2000).

LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA: MODELO DE TRABAJO COOPERATIVO

Mª. Dolores Castro Guío [a]**, *Andrés García Ruiz*** [b]**, *Rafael Gómez Fernández*** [c]
[a] Departamento de Física y Química, IES Atenea, 28945 Fuenlabrada (Madrid)
[b] Departamento de Didácticas Específicas, Universidad Autónoma de Madrid
[c] Departamento de Física y Química, IES El Olivo, Felipe II 11, 28980 Parla (Madrid)
mdcastroguio@hotmail.com

En este trabajo presentamos una experiencia sobre aprendizaje en la Didáctica de las Ciencias Experimentales en Educación Secundaria. Se trata de un proceso orientado a fomentar el aprendizaje cooperativo del alumnado, mediante estrategias que le permitan conocer, desarrollar y utilizar sus propias capacidades, a fin de poder autogestionar su aprendizaje.

1. EL APRENDIZAJE COOPERATIVO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

En la enseñanza de las Ciencias Experimentales actualmente uno de los objetivos del aprendizaje es formar a nuestros alumnos como futuros ciudadanos capaces de interpretar los fenómenos que ocurren a su alrededor.

Nuestro alumnado debe prepararse para reconocer los errores y las dificultades que comete durante el proceso de enseñanza-aprendizaje con el objetivo de poder superarlos, es decir que realice una autorregulación del aprendizaje (1). Para ayudarles en este proceso una de las estrategias es la gestión del aula en grupos de trabajo cooperativo (2).

El aprendizaje cooperativo es una estrategia de gestión del aula que favorece la organización del alumnado en grupos heterogéneos para la realización de tareas y actividades de aprendizaje.

Actualmente existen dos corrientes de investigación sobre el aprendizaje cooperativo, la americana del *Cooperative Learning*, que aunque en algunas ocasiones propone planteamientos conductistas, ha desarrollado multitud de instrumentos para favorecer el trabajo cooperativo en al aula y, por otro lado, la corriente francesa que postula la idea de *Contrat didacticque*.

El aprendizaje cooperativo propugna la idea de la agrupación heterogénea del alumnado en función del ritmo de aprendizaje. El alumnado aprende a ser responsable del grupo y de sí mismo.

Entre las ideas principales del aprendizaje cooperativo podemos señalar:

- La formación de grupos.
- La interdependencia positiva.
- La responsabilidad individual.

La primera vez que se plantea la formación de grupos cooperativos suele plantear dificultades, ya que el alumnado llega con conocimientos y habilidades divergentes,

por lo que debemos construir los grupos con una identidad determinada, empezando con actividades de estructuración del grupo-aula que no se base en el mero intercambio del alumnado.

La interdependencia positiva supone que este tipo de aprendizaje no es posible sin la contribución del resto de compañeros. Para ello, debemos comenzar fomentando la idea de que los trabajos de la clase son objetivos colectivos del grupo.

La responsabilidad individual significa que los resultados del grupo dependen del aprendizaje de todos los componentes del grupo. La potenciación de la responsabilidad individual evita que haya miembros del grupo que no trabajen y que todo el trabajo recaiga sobre una persona.

La identidad de los grupos se consolida con la discusión y la firma del contrato didáctico en el que especificamos las responsabilidades.

Para realizar trabajos en grupos cooperativos, el alumnado debe fomentar sus habilidades sociales, aprendiendo a auto-organizarse, a escucharse entre sí, a distribuirse el trabajo, a resolver conflictos, a distribuir responsabilidades y a coordinar las tares.

2. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

El objetivo principal de esta actividad es difundir en el aula una problemática ambiental de vigente actualidad y poco conocida, como es la contaminación lumínica.

Antes de iniciar la experiencia, fue necesario familiarizar a los alumnos con la metodología de aprendizaje basada en el trabajo cooperativo. Acostumbrados a recibir enseñanza de la forma tradicional (transmisión-recepción), no estaban acostumbrados a una metodología en la que ellos debían ser los principales protagonistas de su aprendizaje. Por ello dedicamos unas sesiones a que se familiarizaran con el trabajo en grupo, fomentando en ellos una actitud investigadora.

Una vez que el alumnado se había familiarizado con esta metodología de trabajo, iniciamos la experiencia. Comenzamos explicando en detalle la finalidad del trabajo sobre contaminación lumínica. Se formaron pequeños grupos de trabajo (4 ó 5 alumnos) con idea de favorecer el aprendizaje cooperativo (3). Todo ello responde a que la interacción entre los alumnos, dada su proximidad cognitiva, favorece el proceso de aprendizaje (4).

Durante el desarrollo de la experiencia fomentamos la participación de todos los alumnos, tanto dentro de los grupos como en el conjunto de la clase.

3. CONTENIDOS DESARROLLADOS POR LOS GRUPOS

Iniciamos la experiencia con una noticia aparecida en el diario El País el 19 de junio de 2006, titulada “Más de 130 millones tirados al cielo”, en la que se argumenta el efecto de la contaminación lumínica y cómo la mala iluminación de nuestras ciudades provoca en España el derroche de un billón de kilovatios y 300.000 toneladas

de CO_2 al año, reclamando por todo ello astrónomos y ecologistas una ley de protección del cielo nocturno.

3.1. Investigación sobre el concepto de contaminación lumínica

El grupo de trabajo dedicado a esta tarea, encontró diversas versiones sobre el concepto de contaminación lumínica, entre las que señalamos:

- La emisión de flujo luminoso de fuentes artificiales nocturnas en intensidades, direcciones y/o rangos espectrales donde no es necesario para la realización de las actividades previstas en la zona alumbrada.
- Brillo o resplandor del cielo nocturno, producido por la difusión de luz artificial.

La causa principal de este tipo de contaminación parece estar ligado al uso, en la red pública de alumbrado, de farolas que carecen de pantallas correctamente diseñadas con la finalidad de enviar la luz allí donde se necesita, e impedir su dispersión hacia el cielo, por encima del nivel del horizonte. Se ha convertido en una práctica habitual la utilización de globos carentes de pantallas, así como el uso de cañones y proyectores en centros comerciales y de ocio, que favorecen la aparición de este tipo de contaminación.

3.2. Tipos de contaminación lumínica

Existen varios tipos de contaminación lumínica:

- *Deslumbramiento*: que se produce cuando los ciudadanos encuentran su visibilidad dificultada por el efecto de la luz emitida por las farolas. Este tipo de contaminación resulta peligrosa sobre todo para el tráfico.
- *Luz intrusa*: producida cuando una instalación emite luz en diferentes direcciones que sobrepasan el área donde es necesaria. Suele producirse en las viviendas.
- *Sobreconsumo*: debido a que la emisión artificial de luz implica un excesivo consumo energético debido a la intensidad, las horas de funcionamiento y distribución.
- *Difusión hacia el firmamento*: producida por la difusión de la luz por medio de las moléculas de aire y de polvo en suspensión. La luz es desviada y dispersada en todas direcciones.

3.3. Efectos generales de la contaminación lumínica

Aunque la contaminación lumínica tiene muchos efectos, haremos especial hincapié en el ámbito económico y social, ya que los efectos sobre el medio ambiente los detallaremos por separado, al ser otro grupo específico el que se dedicó a esta tarea.

- Efectos económicos: esta contaminación repercute de forma directa sobre el consumo de energía eléctrica, ya que con el alumbrado normal se pierde parte del aprovechamiento de la iluminación. También el tipo de lámpara utilizada influye, ya que las de vapor de mercurio gastan un 70% más que las de vapor de sodio. De forma indirecta también repercute un sobreconsumo en el uso de los recursos naturales necesarios.
- Efectos sociales: debidos a que el exceso de iluminación y el deslumbramiento dificultan la visión de los conductores y supone un aumento de la inseguridad vial. La iluminación urbana, en ocasiones produce la intrusión en los hogares, con la molestia que eso supone.

Finalmente, esta contaminación impide la observación de las estrellas.

3.4. Efectos sobre el medio ambiente

Entre los aspectos mas conocidos de la contaminación lumínica se encuentra el impacto que produce sobre la biodiversidad y el medio ambiente.

El consumo excesivo afecta directamente sobre el entorno, mediante la emisión de gases contaminantes, resultantes de la combustión de los combustibles fósiles y la generación de residuos radioactivos de las centrales nucleares.

Como hemos señalado anteriormente, la contaminación lumínica produce ciertos impactos sobre los seres vivos, mucho más evidentes sobre la vida urbana que la silvestre, ya que insectos, anfibios, aves, etc., ven alterados sus hábitos nocturnos, debido al exceso de la intensidad lumínica del alumbrado.

Uno de los grupos más afectados es el de los insectos, debido a su abundancia. Muchos de estos animales tienen costumbres nocturnas como por ejemplo los lepidópteros, y algunos coleópteros, y ven sus ciclos alterados por no disponer de la luz adecuada.

También afecta a otros grupos de carnívoros, como los quirópteros, que se suelen alimentar de insectos nocturnos.

Los efectos de la luminosidad sobre la vida salvaje varían según un cierto número de parámetros físicos, como son la calidad de la luz, es decir su banda espectral, la intensidad, la frecuencia de emisión, la duración y la orientación.

También existe otra sensibilidad intrínseca específica hacia las estaciones, la duración del día y la noche, que pueden producir efectos directos y/o indirectos como por ejemplo la modificación de la vegetación o el cambio de hábitat de algunas especies, sobre todo en aves.

Finalmente detallamos algunos ejemplos específicos (5) de influencia de la contaminación lumínica sobre algunos animales. Entre los invertebrados podemos señalar en caso del coleóptero *Lampyris nocticula,* conocido como luciérnaga, que desarrolla un modo de comunicación basado en la cantidad de luz y que se ve afectado por este tipo de contaminación. También afecta comos señalamos anteriormente a los lepidópteros, como es en el caso de *Lymantria dispar*, al influir sobre su ciclo reproductor.

En los anfibios afecta sobre la migración de los Anura y los Urodelos, ya que algunos de ellos suelen hacer este proceso en la noche.

Sobre los vertebrados, afecta a varios grupos, en las migraciones de peces y aves, como es el caso de la anguila (*Anguilla anguilla*) que suele ser también nocturna y por último, como también señalamos anteriormente, en los quirópteros que afecta en su alimentación y ciclo de vida.

Como resultado, este grupo señala la necesidad de realizar estudios conjuntos en los que se tengan presente el mantenimiento de las condiciones adecuadas para el desarrollo de la biodiversidad de la zona y la adecuada iluminación para favorecer la calidad de vida de todos los seres vivos.

3.5. ¿Qué podemos hacer ante la contaminación lumínica?

Afortunadamente, la tecnología nos ofrece actualmente muchas soluciones para mejorar la iluminación, evitando la contaminación lumínica.

A nivel individual, debemos olvidarnos de que "cuanta más luz mejor", ya que realmente esto no es así y debemos concienciarnos como ciudadanos de un uso adecuado de la energía eléctrica, con un gasto eléctrico racional en nuestros hogares.

A nivel colectivo, dependemos de las administraciones y lo adecuado sería una legislación para la protección de la atmósfera.

4. RECURSOS DIDÁCTICOS SOBRE CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

Aunque se trata de un tema poco conocido en la actualidad, existe bastante información y recursos sobre ella, entra la que destacamos:

- www.celfosc.org/indice.html, página de la Asociación Cel Fosc contra la contaminación lumínica.
- personales.alumno.upv.es/~ossanji/astro/contlum.htm, la Linterna Roja.
- www.explora.uta.cl/cadias2007.htm, centro de apoyo para la didáctica de la astronomía.

Otros enlaces sobre contaminación lumínica son:

- www.astrogea.org/celfosc/contaminacio_luminica.htm
- www.ctio.noao.edu/light_pollution/
- www.gencat.net/mediamb/cast/sosten/ecl0.htm
- www.arrakis.es/~cvera/aaf/cont-lum.htm
- www.ecoportal.net/articulos/luminica.htm

5. CONCLUSIONES

Consideramos muy adecuado el realizar experiencias de este tipo que favorezcan el aprendizaje activo, independiente y reflexivo del alumnado.

La adecuada implantación en el aula de una metodología basada del aprendizaje cooperativo, hace que se transfiera al alumnado gran parte de la responsabilidad del

proceso de enseñanza-aprendizaje, así como de su evaluación y, para ello, debemos explicar y comunicar adecuadamente cuáles son nuestros objetivos, con la idea de que elaboren sus propios procedimientos.

A la vista de los resultados obtenidos en la experiencia, la consideramos totalmente positiva, ya que los alumnos han sido capaces de desarrollar de forma adecuado su proceso de aprendizaje.

Finalmente, cabe señalar que el aprendizaje cooperativo favorece la integración del alumnado, ya que cada uno aporta al grupo sus conocimientos y habilidades.

REFERENCIAS

1. J. Jorba, N. Sanmartí, *Enseñar, aprender y evaluar un proceso de regulación continua,* MEC, Madrid (1996).
2. M. Izquierdo, N. Solsona, en *I Jornadas de Experiencias Educativa* (1998).
3. L. M. Zuñartu, *Contexto Educativo*, **2003,** Vol. 28.
4. P. Membiela, *Enseñanza de las Ciencias,* **2002,** Vol. 20 (3), 443-450.
5. P. Raevel, F. Lamiot, en *3eme Congrés Routes & Faune sauvage* (1998).

ACTIVIDADES PARA EL APRENDIZAJE ACTIVO DE CONCEPTOS DE ENLACE QUÍMICO Y ESTRUCTURA

David Tudela
Departamento de Química Inorgánica, Universidad Autónoma de Madrid
28049 Madrid, david.tudela@uam.es

Aunque los conceptos de enlace químico y estructura son generalmente abstractos, los estudiantes pueden desarrollar, en la misma aula, diversos experimentos relacionados con el momento dipolar, las estructuras iónicas, la geometría molecular o la Teoría del Campo Cristalino. Estos experimentos, junto con otras actividades participativas en el aula, como la realización de ejercicios y la discusión en grupos, y la realización frecuente de ejercicios fuera del aula, contribuyen al aprendizaje activo de los estudiantes. Los ejercicios sobre ciclos de Born-Haber no rutinarios son particularmente útiles para realizar trabajos colaborativos.

1. INTRODUCCIÓN

El Consejo de Coordinación Universitaria ha publicado recientemente un documento con objeto de mejorar la calidad de la docencia universitaria en España en el proceso de construcción del Espacio Europeo de Educación Superior (1). En ese informe, se concluye que la lección magistral es el método pedagógico más utilizado en las universidades españolas, aunque cada vez se acompaña más de la realización de ejercicios, la resolución de problemas y la discusión de casos prácticos. La lección magistral tiene diversos puntos fuertes, por lo que en estos momentos no parece oportuna ni realista su eliminación, pero también presenta diversas limitaciones relacionadas con la pasividad y la falta de participación del estudiante, por lo que debe ser complementada con métodos pedagógicos más participativos (1). En concreto, se recomienda potenciar el trabajo de los alumnos, dándoles mayor protagonismo en su formación, y fomentar el trabajo cooperativo. Efectivamente, la mayoría de las experiencias llevadas a cabo para incrementar el aprendizaje activo de los estudiantes incluyen el aprendizaje cooperativo en grupos (2-6). Mientras que algunas de estas experiencias implican un cambio significativo en el formato del curso (2, 3), otras incluyen una serie de actividades que se pueden realizar sin cambios importantes en la distribución de clases (4-6). Esta aproximación puede presentar menos amenazas para aquellos profesores que desean iniciar la transición desde un modelo de enseñanza centrado en el profesor a un modelo centrado en el aprendizaje activo del alumno. En todo caso, el comportamiento que hay que evitar a toda costa es ir a clase a dictar unos apuntes que los alumnos memorizan en vísperas del examen final, aunque muchos alumnos puedan sentirse cómodos con ese formato. En este trabajo se describen algunas actividades relacionadas con el aprendizaje activo de los conceptos de enlace químico y estructura.

2. ENLACE QUÍMICO Y ESTRUCTURA

En la Licenciatura en Química de la Universidad Autónoma de Madrid (Plan de 1996), los conceptos fundamentales de enlace químico y estructura están contenidos en dos asignaturas de primer curso que se imparten de forma consecutiva, la asignatura troncal "Enlace Químico y Estructura" y la asignatura obligatoria "Aspectos Complementarios de las Teorías de Enlace". Ambas asignaturas tienen 3 créditos LRU y durante el curso 2006-07 les han sido asignados 2.5 créditos ECTS, como consecuencia de la adaptación de todo primer curso de Química a metodologías docentes asociadas al Europeo de Educación Superior. La implantación de estas metodologías, con entrega semanal de ejercicios por parte de los estudiantes, los ha obligado a trabajar de forma continuada durante el curso, evitando que estudien exclusivamente en vísperas del examen final. Para que la entrega de ejercicios resulte efectiva, es importante que tenga consecuencias en la evaluación, pues todos hemos comprobado que los estudiantes tratan con ligereza todo lo que "no cuenta" (7). Además de la realización de trabajos fuera del aula, es importante que los estudiantes participen activamente en la propia clase, evitando que las palabras del profesor pasen directamente a sus apuntes sin pasar por su cabeza. Una muestra de la tendencia a la pasividad que tienen muchos estudiantes, a no ser que les propongamos actividades que les hagan participar, es la frase que hace varios años escribió un estudiante en un *test* anónimo que les pasé al final de una clase para comprobar su grado de comprensión de la misma. En el *test* debían contestar a una cuestión sencilla relacionada con el tema de la clase o indicar qué es lo que no habían entendido para no poder contestar a la pregunta. La respuesta de un estudiante fue "no lo he entendido, pero ya lo entenderé cuando lo estudie".

A lo largo de los años he ido integrando actividades participativas en la lección magistral que evitaran la mera rutina de tomar apuntes: pequeños experimentos y demostraciones, uso frecuente de la pregunta, discusiones en grupo, ejercicios, etc. En concreto, suelo poner a los estudiantes a realizar ejercicios en el aula, trabajando en pequeños grupos y discutiendo entre ellos, mientras voy circulando entre los distintos grupos y compruebo el nivel general de la clase. Las discusiones en pequeños grupos mejoran la comprensión y el interés de los estudiantes, además de contribuir a su capacidad de trabajo en equipo, que es una de las destrezas que deben obtener los titulados. Estas actividades aumentan la motivación de los estudiantes y, en particular, resulta particularmente efectiva la realización de experimentos por parte de los estudiantes en la misma aula.

Una de las actividades que los estudiantes pueden llevar a cabo en el aula consiste en dejar caer unos chorros finos de H_2O y de CCl_4, mediante sendas buretas, y acercarles un peine de plástico electrizado tras haberlo frotado con el pelo. El chorro de H_2O, que tiene momento dipolar, es atraído por el campo eléctrico del peine, mientras que el chorro de CCl_4 (apolar) no se desvía. Esta comparación puede llevarse a cabo tras haberles pedido que realizaran el experimento en su casa con un fino chorro de agua.

En el contexto de las fuerzas intermoleculares, también llevo a clase nitrógeno líquido en un vaso Dewar e introduzco un tubo de vidrio en su interior. Tras discutir los factores que afectan a las fuerzas intermoleculares y concluir que O_2 debe tener un punto de ebullición mayor que N_2 y, por tanto, que el oxígeno gaseoso debe licuarse a la temperatura de ebullición del nitrógeno líquido, extraigo el tubo y, efectivamente, comprobamos que se ha condensado un líquido.

Otra actividad que mis estudiantes llevan a cabo en el aula consiste en la manipulación de modelos de las estructuras más fundamentales de los sólidos iónicos. Trabajando en pequeños grupos, los estudiantes comprueban y discuten cual es la estequiometría del compuesto y cuales son los números de coordinación del catión y del anión, deduciendo de qué tipo de estructura se trata.

Aunque esta actividad permite una mejor comprensión de las estructuras cristalinas, no todos los centros educativos disponen de una colección de modelos de estructuras. Sin embargo, a continuación se describen dos actividades que, con pocos medios, permiten que los estudiantes trabajen en el aula los conceptos de la geometría molecular y la Teoría del Campo Cristalino. Finalmente, se presenta una discusión sobre los ciclos de Born-Haber, pues se pueden utilizar para una gran cantidad de ejercicios que desarrollen las destrezas intelectuales de los estudiantes y la comprensión de todos los conceptos implicados.

3. ACTIVIDAD SOBRE LA GEOMETRÍA MOLECULAR

El modelo más sencillo para predecir y justificar la estructura de las moléculas es el de la *Repulsión de los Pares Electrónicos de la Capa de Valencia* (RPECV o VSEPR). Este modelo está descrito en casi todos los libros de Química General (8, 9) y establece que los Dominios de Electrones (enlaces y pares solitarios) se distribuyen alrededor del átomo central de forma que se minimicen las repulsiones entre ellos. De esta manera, los libros presentan tablas que muestran la estructura adoptada según cual sea el número de enlaces y pares solitarios (8, 9). Los estudiantes generalmente memorizan dichas tablas sin conseguir una adecuada comprensión de las mismas, ni ser capaces de relacionar la estructura tridimensional de las moléculas con su representación bidimensional en un dibujo y con la frase que define la estructura.

Una actividad que pueden llevar a cabo los estudiantes, por grupos, durante el tiempo de una clase, consiste en generar ellos mismos las tablas que relacionan la estructura de las moléculas con el número de enlaces y pares solitarios, utilizando plastilina y palillos.

En esta actividad los alumnos van pinchando palillos en una bola de plastilina y viendo cual es la disposición en que se consigue la máxima distancia entre los palillos (mínima repulsión entre los Dominios de Electrones). De esta manera, los estudiantes generan activamente su propio conocimiento sobre la geometría molecular y consiguen una comprensión más profunda de la misma. Una descripción más detallada de esta actividad ha sido publicada con anterioridad (10, 11).

4. ACTIVIDAD SOBRE LA TEORÍA DEL CAMPO CRISTALINO

La Teoría del Campo Cristalino (TCC) también está descrita en los libros modernos de Química General (10, 11), aunque suele estar más detallada en libros de Química Inorgánica (12) y otras fuentes (13). Según la TCC, los orbitales d de un metal de transición no están degenerados en presencia del campo octaédrico de los ligandos en un complejo hexacoordinado, sino que se desdoblan en dos grupos de orbitales, los orbitales t_{2g} (d_{xz}, d_{yz} y d_{xy}) de más baja energía y los orbitales e_g ($d_{x^2-y^2}$ y d_{z^2}) de mayor energía (10-13). La diferencia en energía entre los dos grupos de orbitales se denomina Δ_o y cuando es mayor que la energía de apareamiento (P: el aumento de la energía del sistema debido al apareamiento de dos electrones en el mismo orbital), el sistema es más estable si dos electrones se aparean en un orbital t_{2g} que si uno de ellos se coloca en un orbital e_g de mayor energía, dando lugar a un complejo de bajo espín. Por el contrario, si $P > \Delta_o$, se forma un complejo de alto espín en que los electrones se colocan en orbitales e_g antes que aparearse en los orbitales t_{2g}. En la Figura 1 se muestra el desdoblamiento de los orbitales d y la distribución de electrones para complejos de alto y bajo espín de un ión d^6.

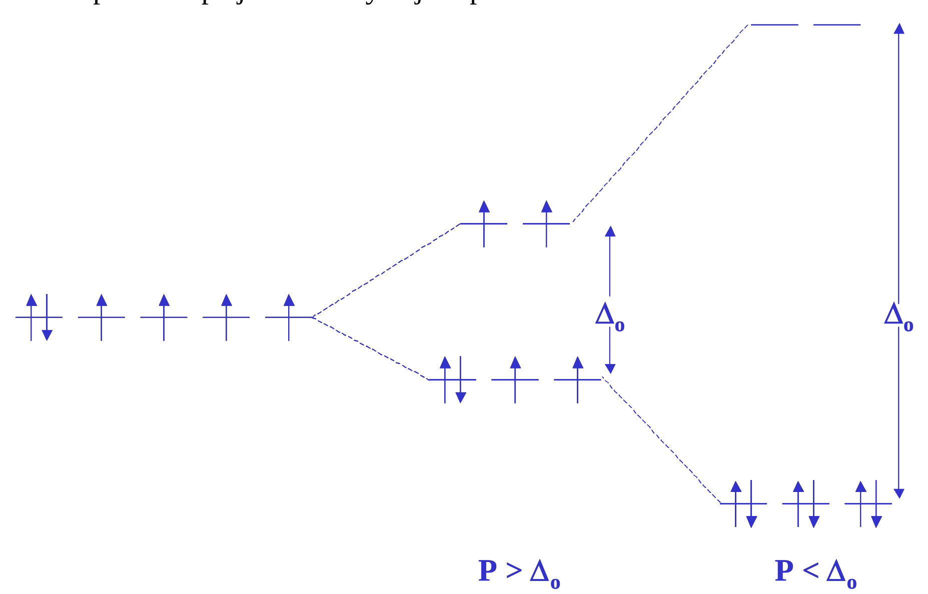


Figura 1. Desdoblamiento de los orbitales d y distribución de los electrones en complejos octaédricos de alto ($P > \Delta_o$) y bajo espín ($P < \Delta_o$) de un ión d^6. Los valores relativos de Δ_o están representados a escala de los correspondientes a los iones complejos $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$ y $[Fe(CN)_6]^{4-}$ (12).

Una actividad que mis estudiantes llevan a cabo en el aula para aplicar la Teoría del Campo Cristalino, consiste en identificar los compuestos de coordinación $K_3[Fe(CN)_6]$, $K_4[Fe(CN)_6]$ y $[Fe(H_2O)_6]SO_4 \cdot H_2O$, entre los contenidos en tres tubos

numerados que les llevo a clase. Para ello, disponen de una balanza que conecto en la misma aula, un taco de madera y unos imanes de neodimio (Nd-Fe-B) que crean un gran campo magnético. Se coloca el taco de madera sobre la balanza y los imanes encima del taco, cuya finalidad es alejar los imanes de las partes metálicas de la balanza. Una vez tarado el peso a 0, se acerca verticalmente cada tubo a los imanes, sin llegar a tocarlos, tanto como sea posible. Si los tubos contienen una sustancia paramagnética (contiene electrones desapareados), son atraídos por el campo magnético de los imanes. De esta manera los imanes son tirados ligeramente hacia arriba y la balanza marca un peso negativo, tanto más negativo cuanto mayor sea la atracción entre los tubos y los imanes. Por el contrario, si las sustancias son diamagnéticas (no tienen electrones desapareados), no son atraídas por los campos magnéticos, e incluso son ligeramente repelidas por los mismos. Por tanto, al acercar una sustancia diamagnética a los imanes de neodimio, la balanza no marca un peso negativo, sino que sigue marcando 0 ó, incluso, un peso ligeramente positivo. Una balanza que marque dos cifras decimales es suficiente para llevar a cabo la actividad. Al operar de esta manera, los estudiantes descubren que, de las tres sustancias, una es diamagnética y dos paramagnéticas, siendo una de ellas apreciablemente más paramagnética que la otra.

Para resolver el problema, los estudiantes deben primero deducir el estado de oxidación del Fe en cada uno de los compuestos, deducir la configuración electrónica de los iones y aplicar la Teoría del Campo Cristalino a los tres compuestos para averiguar el número de electrones desapareados que tiene cada uno de ellos. Así, $K_4[Fe(CN)_6]$ y $[Fe(H_2O)_6]SO_4{\cdot}H_2O$ contienen Fe^{2+}, con configuración electrónica d^6, por lo que, de acuerdo con la Figura 1, tendrían 4 electrones desapareados, si se tratara de complejos de alto espín, o serían diamagnéticos si se tratara de complejos de bajo espín. Por el contrario, $K_3[Fe(CN)_6]$ contiene Fe^{3+}, con configuración electrónica d^5, por lo que tendría 5 electrones desapareados si fuera un complejo de alto espín (configuración electrónica t_{2g}^{1+1+1} e_g^{1+1}), o sólo un electrón desapareado si fuera un complejo de bajo espín (configuración electrónica t_{2g}^{2+2+1}). En este punto conviene señalar que muchos estudiantes cometen errores en las configuraciones electrónicas de iones de metales de transición, debido al error que presentan muchos libros de texto en las configuraciones electrónicas de los metales. Por ejemplo, el hecho de considerar que la configuración electrónica del Fe es [Ar] $4s^2$ $3d^6$ en lugar de [Ar] $3d^6$ $4s^2$, conduce a muchos estudiantes a pensar que Fe^{2+} es un ión d^4 en lugar de d^6, aunque saben que los electrones 4s son los que primero deben perderse por ionización. Ese error sería más difícil de cometer si los estudiantes comprendieran que la configuración electrónica del Fe es [Ar] $3d^6$ $4s^2$ como indican correctamente otros libros de texto (8, 9).

Como sólo uno de los tres compuestos que deben ser identificados es diamagnético, debe tratarse de un complejo de Fe(II) de bajo espín y, por tanto, será el complejo de Fe(II) que tenga un mayor valor de Δ_o. Los factores que contribuyen a la mayor o menor magnitud de Δ_o están representados en la Figura 2 donde la serie espectroquímica está representada, de forma simplificada pero muy fácil de recordar

por parte de los alumnos, según la posición del átomo dador del ligando en la tabla periódica.

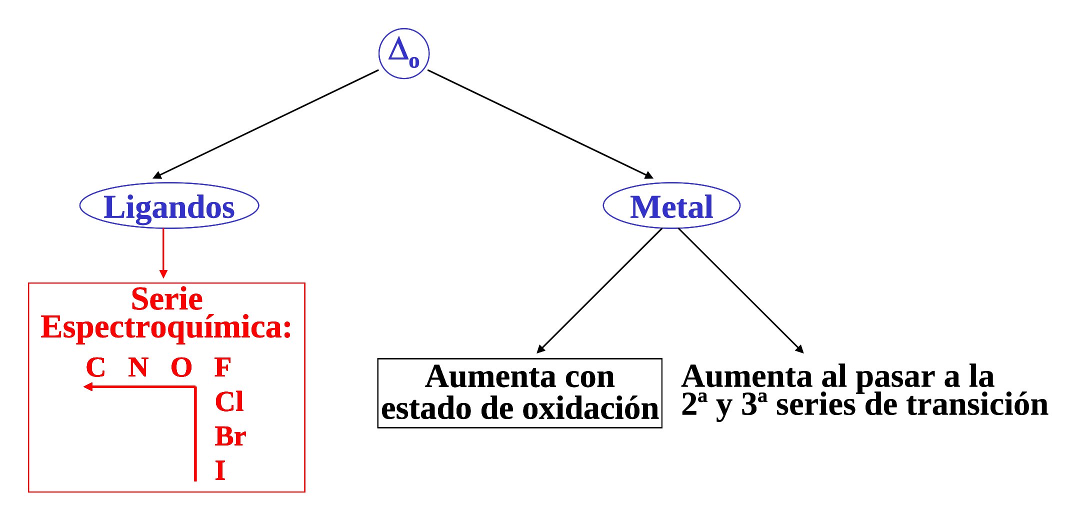


Figura 2. Factores que afectan a la magnitud de Δ_o, donde la serie espectroquímica ha sido simplificada según la posición que ocupa el átomo dador del ligando en la tabla periódica.

En la Figura 2 podemos ver que a igualdad de metal y estado de oxidación (Fe^{2+}), la magnitud de Δ_o está determinada por la posición de los ligandos en la serie espectroquímica y que los dadores de C como CN^- crean un campo más fuerte que los dadores de O como H_2O. Por tanto, el complejo diamagnético es $K_4[Fe(CN)_6]$, mientras que $[Fe(H_2O)_6]SO_4{\cdot}H_2O$ es un complejo de alto espín que contiene cuatro electrones desapareados. Por otra parte, si $K_4[Fe(CN)_6]$ es un complejo de bajo espín, $K_3[Fe(CN)_6]$ debe serlo también pues tiene los mismos ligandos y el ión central en un estado de oxidación más alto, porque debe tener un valor mayor de Δ_o. Por tanto, $K_3[Fe(CN)_6]$ tiene sólo un electrón desapareado y, de los dos compuestos paramagnéticos, $[Fe(H_2O)_6]SO_4{\cdot}H_2O$ es el que muestra una mayor interacción con los imanes.

Los imanes de neodimio utilizados en esta actividad tienen forma cilíndrica con 22 mm de diámetro por 10 mm de altura, y habitualmente utilizamos tres imanes con un coste conjunto de unos 62 € y una vida prácticamente ilimitada. Hay que tomar precauciones con los imanes, pues crean un campo magnético muy potente y pueden desactivar todas las tarjetas magnéticas si se aproxima a éstas.

5. CICLOS DE BORN-HABER

Los ciclos de Born-Haber pueden ser utilizados para comprender muchos hechos aparentemente sorprendentes en la Química Inorgánica (14). Además, su aplicación a diversos sistemas permite una mejor comprensión de los procesos

endotérmicos y exotérmicos, así como de diversos conceptos como las entalpías de atomización, sublimación y vaporización, energía reticular, energía de disociación de enlace, energías de ionización y afinidades electrónicas. Sin embargo, muchos libros sólo incluyen el ciclo correspondiente a la formación de NaCl o sistemas similares (8), que los estudiantes resuelven de manera mecánica, o sistemas sólo ligeramente más complicados (9). Además, los ejercicios contienen generalmente todos los datos que los estudiantes deben utilizar, por lo que ni siquiera deben razonar cuales son los datos que necesitan.

La aplicación de ciclos termodinámicos a reacciones más complejas, en que los estudiantes, trabajando en grupos, deben diseñar el ciclo, decidir qué datos necesitan y buscar la información necesaria, constituye un excelente ejercicio para que los estudiantes aprendan activamente y desarrollen destrezas intelectuales, al tiempo que adquieren una mejor comprensión de los conceptos mencionados.

Algunas de las reacciones para las que los estudiantes de primer curso pueden calcular la entalpía de reacción y ver si son termodinámicamente favorables, son la de NaCl (s) con F_2 (g) para dar NaF (s) y Cl_2 (g), la de NaI (s) con Br_2 (l) para dar NaBr (s) e I_2 (s), o la de CuO (s) con H_2 (g) para dar Cu (s) y H_2O (l).

Para diseñar cualquier tipo de ciclo termodinámico, lo primero es escribir la reacción química perfectamente ajustada, pues cualquier error afectará a los coeficientes de los procesos posteriores, y pasar los reactivos a fase gaseosa (si no lo están ya). La Figura 3 muestra los procesos energéticos mediante los que metales (M), compuestos moleculares (CM) o sólidos iónicos MX pasan a fase gaseosa.

$$\mathrm{M\ (s)} \underset{-\Delta H_{atom}}{\overset{\Delta H_{atom}}{\rightleftarrows}} \mathrm{M\ (g)} \qquad \mathrm{CM\ (s)} \underset{-\Delta H_{sub}}{\overset{\Delta H_{sub}}{\rightleftarrows}} \mathrm{CM\ (g)}$$

$$\mathrm{CM\ (l)} \underset{-\Delta H_{vap}}{\overset{\Delta H_{vap}}{\rightleftarrows}} \mathrm{CM\ (g)} \qquad \mathrm{MX\ (s)} \underset{-U}{\overset{U}{\rightleftarrows}} \mathrm{M^{n+}\ (g) + X^{n-}\ (g)}$$

Figura 3. Procesos para llevar a fase gaseosa metales (M), compuestos moleculares (CM) y compuestos iónicos MX en un ciclo termodinámico, donde $\Delta H_{atom.}$, $\Delta H_{sub.}$ y $\Delta H_{vap.}$ son las entalpías de atomización, sublimación y vaporización, respectivamente, y U es la energía reticular.

Una vez que tenemos las diferentes especies en fase gaseosa, ya podemos romper o formar enlaces y darles o quitarles electrones, según los procesos mostrados en la Figura 4, para llegar a las especies deseadas en fase gaseosa. Si las especies finales no están en fase gaseosa, se llega a ellas mediante los procesos inversos mostrados en la Figura 3.

$$X\text{-}Y\ (g) \underset{-D_{X\text{-}Y}}{\overset{D_{X\text{-}Y}}{\rightleftharpoons}} X\ (g) + Y\ (g)$$

$$A^{2+} \underset{-EI_2}{\overset{EI_2}{\leftrightharpoons}} A^{+} \underset{-EI_1}{\overset{EI_1}{\leftrightharpoons}} A \underset{-AE_1}{\overset{AE_1}{\rightleftharpoons}} A^{-} \underset{-AE_2}{\overset{AE_2}{\rightleftharpoons}} A^{2-}$$

Figura 4. Procesos que implican ruptura o formación de enlaces, y ganancia o pérdida de electrones en un ciclo termodinámico.

REFERENCIAS

1. Ministerio de Educación y Ciencia, *Propuestas para la Renovación de las Metodologías Educativas en la Universidad*, Madrid (2006).
2. M.T. Oliver-Hoyo, D. Allen, W.F. Hunt, J. Hutson, A. Pitts, *J. Chem. Educ.*, **2004**, Vol. 81, 441.
3. M.T. Oliver-Hoyo, D. Allen, *J. Chem. Educ.*, **2005**, Vol. 82, 944.
4. R.M. Felder, *J. Chem. Educ.*, **1996**, Vol. 73, 832.
5. J. Kovac, *J. Chem. Educ.*, **1999**, Vol. 76, 120.
6. D.R. Paulson, *J. Chem. Educ.*, **1999**, Vol. 76, 1136.
7. A.H. Johnstone, *Educ. Chem.*, **2000**, Vol. 37, 12.
8. M.D. Reboiras, *Química. La Ciencia Básica*, Thomson, Madrid (2006).
9. R.H. Petrucci, W.S. Harwood, F.G. Herring, J.D. Madura, *General Chemistry. Principles and Modern Applications*, 9ª Edición, Pearson International Edition, Upper Saddle River, New Jersey (2007).
10. D. Tudela, *Educ. Chem.*, **1997**, Vol. 34, 42.
11. D. Tudela, *Introducción a la Geometría Molecular Utilizando Plastilina y Palillos*, en Didáctica de la Química y Vida Cotidiana, G. Pinto (Ed.), Sección de Publicaciones de la ETSII- UPM, Madrid (2003), p. 225.
12. D.F. Shriver, P.W. Atkins, T.L. Overton, J.P. Rourke, M.T. Weller, F.A. Armstrong, *Inorganic Chemistry*, 4ª Edición, Oxford University Press, Oxford (2006).
13. D. Tudela, *J. Chem. Educ.*, **1999**, Vol. 76, 134.
14. H.D.B. Jenkins y D. Tudela, *J. Chem. Educ.*, **2003**, Vol. 80, 1482.

APLICACIÓN DEL EFECTO TÚNEL A LA OBTENCIÓN DE LA CAPA DE ANODIZADO DE UN METAL Y A LA RESONANCIA DE UNA MOLÉCULA DE AMONIACO

Kefrén Sánchez Noriega, Pablo Palacios Clemente, Perla Wahnón Banarroch
E.T.S.I. Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid
Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid
kefren@etsit.upm.es

En este trabajo se proponen dos prácticas basadas en programas de simulación en las que se trata de acercar a alumnos de ingeniería a la aplicación del fenómeno cuántico conocido como efecto túnel. En ellas se combinan fundamentos teóricos fáciles de asimilar con desarrollos sencillos y aplicaciones interesantes para la ingeniería con la ventaja añadida de no necesitar un laboratorio, sino simplemente un ordenador. El resultado es una experiencia de innovación educativa asequible para un alumno que no posee una amplia base de física cuántica y aún así puede comprobar que esos conceptos pueden aprovecharse para aplicaciones reales.

1. INTRODUCCIÓN

Los estudiantes de Ingeniería de Telecomunicación reciben una formación orientada en gran medida a su futura labor como profesionales especializados. Sin embargo el carácter multidisciplinar que impera en la enseñanza superior hace que resulte positivo estudiar determinados contenidos desde un punto de vista distinto, enriqueciendo los conocimientos de los estudiantes.

La asignatura optativa de primer ciclo Simulación de Propiedades de la Materia (SPMT) propone un estudio de las propiedades macroscópicas de los materiales mediante un enfoque desde la Química Física, con la intención de acercar diversos fenómenos cuánticos, pero sin ahondar en el rigor matemático que conlleva la estricta derivación científica (1). La clave para conseguir la conjunción de estos propósitos reside en considerar la asignatura como un laboratorio. En el caso de SPMT se trata de un laboratorio virtual, en el cual el montaje experimental es sustituido por ordenadores personales y software específico de simulación.

La estructura de la asignatura SPMT consta de 12 temas en los que se pretenden conocer las propiedades microscópicas y macroscópicas de los materiales partiendo de comportamientos de la teoría cuántica. Cada uno de los temas consta de una sesión de tipo teórico y otra de tipo práctico. La sesión teórica consiste en una introducción de los conceptos cuánticos (2). Dichos contenidos se observarán a continuación durante la sesión práctica al ejecutar programas de simulación de física cuántica. El desarrollo posterior de las prácticas llega a poner de manifiesto los conceptos con ejemplos reales. Finalmente, se evalúa un cuestionario en el que se comprueban los conocimientos que ha alcanzado el alumno, ahondando en el sentido más práctico de la experiencia pero sin despreciar el trasfondo físico.

En este trabajo se presentan la didáctica correspondiente a los temas 2 y 3 de la asignatura SPMT. A continuación se enumeran los objetivos de ambos temas, cuyo concepto de partida es el efecto túnel y también la metodología a seguir. Los contenidos teóricos se presentan en la siguiente sección y, después, el desarrollo de la sesión práctica. Posteriormente se explica el método de evaluación y, por último, se resumen las conclusiones alcanzadas.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de la asignatura a la que pertenecen los dos temas que se desarrollan en este trabajo es el de proporcionar a los alumnos un conocimiento más amplio de las propiedades de los materiales. La manera de construir este conocimiento es mediante una modelización de los fenómenos reforzada con ejemplos prácticos en los que se comprueba la validez de las hipótesis tomadas. Por tanto, aún a sabiendas de la base limitada de Física y Química Cuántica que poseen los alumnos, se pretende que se asimile la base de conceptos, muchos de ellos de tipo cuántico, mediante métodos innovadores.

En el caso concreto que ocupa este trabajo cada una de las prácticas propuestas tiene unos objetivos asociados. Para la primera se trata de comprender el comportamiento de una partícula cuántica cuando se desplaza en un potencial externo determinado, en especial el comportamiento ante la barrera y el pozo de potencial. Especial relevancia tiene el estudio del efecto túnel.

Para la segunda práctica considerada, el objetivo principal es conocer las características de los estados estacionarios de una partícula en distintos pozos de potencial, haciendo hincapié además en su capacidad de predecir propiedades físicas.

3. METODOLOGÍA

La propuesta presentada en este trabajo tiene muchas analogías con las asignaturas de laboratorio y la metodología empleada es la misma para las dos prácticas propuestas. Cada tema consta de una clase teórica y otra práctica. En la introducción teórica el profesor presenta los conceptos que luego se pondrán en práctica, sin tratar de hacer demostraciones. El elemento central lo componen los conceptos y los efectos, no su deducción. Debido a que la comprensión no se lleva a cabo igual en cada uno de los alumnos, se fomenta el espíritu participativo de todo el alumnado a través del debate.

La sesión práctica se desarrolla en un aula con ordenadores, en los cuales se ha instalado el programa de simulación “ALBERT” (3). Este programa es un paquete con multitud de aplicaciones dedicadas a la didáctica de la Química Física. Los alumnos disponen de un guión que les sirve para utilizar el programa correctamente y realizar los “experimentos” oportunos. Los alumnos responden a un cuestionario a raíz de los resultados obtenidos en la práctica y su análisis crítico. De nuevo se constata la

conveniencia de que los alumnos establezcan debates en el transcurso de la práctica, pues ayudará a que lleguen con más facilidad a conclusiones oportunas.

4. CONTENIDOS TEÓRICOS

La introducción teórica de la primera práctica propuesta comienza con la presentación de la ecuación de Schrödinger unidimensional, tanto en su forma estática como en su forma dependiente del tiempo, y se relacionan las correspondientes soluciones (2,4,5).

A continuación se muestran las soluciones correspondientes a distintas situaciones que vienen dadas por el potencial externo. Primero el caso trivial de un potencial constante en el espacio. Este resultado sirve como guía para encontrar la solución de casos más complejos como el pozo de potencial y la barrera de potencial (ver figura 1).

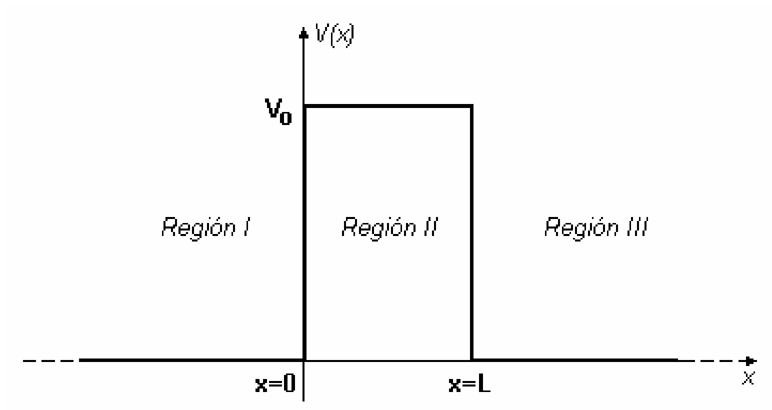


Figura 1. Barrera de potencial.

Estos casos se resuelven dividiéndolos en regiones en las que el potencial es constante por lo que la solución en cada una de esas regiones es análoga al caso del potencial constante.

Se aplican utilizan entonces las condiciones de contorno para asegurar la continuidad de la solución y de su derivada primera en los puntos en los que el potencial es discontinuo. De este modo se pueden relacionar las constantes asociadas de cada componente de la solución llegando finalmente a las expresiones con las que se calculan los coeficientes de transmisión y de reflexión para el pozo y para la barrera.

El caso del pozo de potencial en el que la energía E de la partícula es tal que $E < 0$ (considerándose que el origen del potencial está al mismo nivel que el borde del pozo) se deja para la práctica siguiente, en la que se abordarán los estados ligados del pozo finito (1).

Para el caso del pozo de potencial en el que $E > 0$:

$$T = \frac{4E\left(E+V_0\right)}{4E\left(E+V_0\right)+V_0^2 sen^2\left[L\sqrt{\frac{2m\left(E+V_0\right)}{\hbar^2}}\right]} \;;\; R = 1-T$$

en donde V_0 es el módulo del potencial del fondo del pozo y L es su ancho.

Para la barrera de potencial, en el caso de que la energía de la partícula cumpla $E > V_0$:

$$T = \frac{4E\left(E-V_0\right)}{4E\left(E-V_0\right)+V_0^2 sen^2\left[L\sqrt{\frac{2m\left(E-V_0\right)}{\hbar^2}}\right]} \;;\; R = 1-T$$

Y cuando $0 < E < V_0$ se obtiene:

$$T = \frac{4E\left(V_0-E\right)}{4E\left(V_0-E\right)+V_0^2 senh^2\left[L\sqrt{\frac{2m\left(V_0-E\right)}{\hbar^2}}\right]} \;;\; R = 1-T$$

A la vista de los resultados obtenidos se observan con los alumnos varios aspectos que contrastan con las ideas clásicas. Respecto al caso del pozo se destaca que en general la probabilidad de transmisión es menor que la unidad, existiendo sin embargo, casos especiales en los que la probabilidad de transmisión es exactamente 1.

De forma similar, cuando se discute el supuesto de la barrera de potencial con $E > V_0$, se llega a que a diferencia del caso clásico, el hecho de que la partícula tenga energía suficiente para superar a la barrera de potencial no implica que la vaya a superar con probabilidad 1, sino que salvo casos particulares, la probabilidad es menor que 1.

Cuando se analizan los resultados para la barrera con $E < V_0$ se observa que es posible atravesar la barrera, introduciendo en ese momento el concepto de *efecto túnel*.

Por último se analizan los casos límite para cada uno de los supuestos. Se comprueba que los casos límite se corresponden con los comportamientos clásicos. Para una partícula cuya energía es mucho más baja que la barrera de la potencial la probabilidad de sobrepasarla es despreciable. Por otro lado, si la partícula tiene una energía muy alta la probabilidad de atravesar un pozo o una barrera tiende a 1. Así los fenómenos estudiados durante la sesión se integran con los conocimientos previos del alumnado de modo que el aprendizaje de estos fenómenos se ve reforzado.

Para la sesión teórica de la práctica siguiente en primer lugar se resuelve la ecuación de Schrödinger de una partícula encerrada en un pozo infinito, utilizando una vez más las condiciones de contorno (2). Se evalúan las soluciones posibles que consisten en un espectro de energías discreto. También se analizan las características de su función de onda, como el número de nodos de cada estado. Se presenta el estado fundamental, estado ligado de más baja energía que se corresponde a una función de onda que carece de nodos. Asimismo se analizan otros estados ligados, y se establece como se pueden ordenar energéticamente en función del número de nodos de su función de onda asociada, observándose que a una función de onda con un número de nodos determinado se le asigna un y sólo un valor de energía y que a mayor número de nodos mayor energía.

A continuación se plantea el problema del pozo finito. Aunque durante la sesión no se resuelve analíticamente, se muestran las analogías existentes con el pozo infinito, como lo son el ordenamiento de los distintos niveles ligados en función del número de nodos que presente la función de onda asociada. También se observa que la diferencia entre los valores de la energía y el fondo del pozo infinito, E_n - V_0, vale como una primera aproximación al caso del pozo finito. También se le hace ver al alumno como a medida que el pozo es más profundo sus estados se van pareciendo más a los del pozo infinito.

5. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

La primera práctica propuesta se divide en tres apartados. Los dos primeros corresponden a simulaciones que implican el pozo y la barrera de potencial, mientras que la última parte consiste en resolver un supuesto práctico en el que los alumnos deben obtener el espesor de una capa de anodinado gracias a una modelización del problema.

En primer lugar, se analiza cómo es la reflexión de un paquete de ondas por un pozo de potencial. Cabe destacar que a la hora de comenzar esta práctica el concepto de paquete de ondas ya les resulta familiar a los alumnos, puesto que lo han visto en una práctica anterior.

El programa de simulación permite fijar todos los parámetros, tanto del pozo (ancho, profundidad) como del paquete de ondas (energía, ancho a media altura en el espacio, número de componentes del momento lineal, ancho a media altura en el espacio de momento lineal), incluso la magnitud del paso de la evolución temporal. Los alumnos deben valorar cuál es el efecto de la anchura del pozo y su profundidad en la reflexión de la onda.

Antes de que observen el comportamiento del paquete de ondas ante la barrera de potencial, se les pide a los alumnos que hagan lo propio con una onda monocromática, que consiste en un paquete de ondas especial con un solo valor discreto para el momento lineal. De esta forma pueden comprobar exactamente lo visto en la sesión teórica sobre el coeficiente de transmisión. Los alumnos podrán analizar la variación del coeficiente de transmisión en función de la energía, una vez fijados los parámetros

del pozo. A continuación se realizan una serie de cálculos similares para hallar el coeficiente de transmisión para el paquete de ondas. En ellos la energía recorre un rango de valores, de modo que al final los alumnos obtienen el coeficiente de transmisión en función de la energía que se compara con el caso de la onda monocromática. El alumnado también tendrá la oportunidad de observar la forma de la onda reflejada y transmitida.

La última parte de la práctica consiste en un supuesto en el que el alumno debe hallar el espesor de una capa de anodizado sobre un material, por ejemplo, aluminio. El anodizado, situado en el extremo de una hipotética pieza de aluminio, ejerce el papel de barrera de potencial para los electrones que quieran pasar de un electrodo externo al metal (en el caso del aluminio la barrera de potencial es de 20 eV; ver Figura 2). Se parte del dato de que con electrones de cierta energía se obtiene un determinado coeficiente de transmisión T_1. De este modo, gracias a los valores que el alumno obtiene con una simulación para una serie de valores para el posible espesor de la capa L, el alumno puede encontrar fácilmente el correspondiente a T_1.

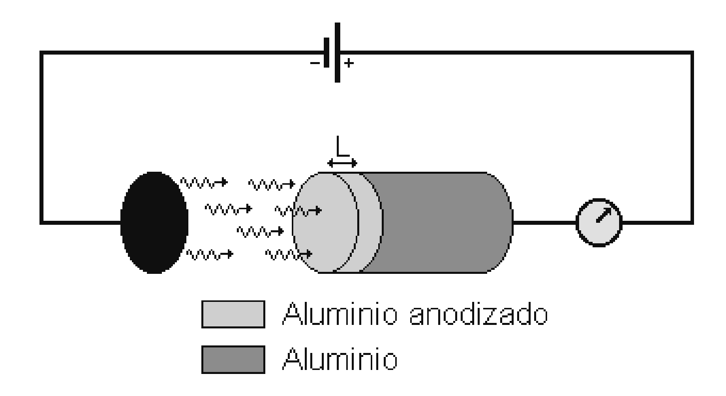


Figura 2. Esquema para el cálculo del espesor de la capa de anodizado.

La práctica siguiente se centra en la obtención de los estados ligados de diversos pozos del potencial. Se comienza con el caso más sencillo del pozo infinito, luego se analiza el pozo cuadrado finito. A continuación se analiza el caso de un pozo cuadrado finito doble. Por último, se resuelve un ejercicio con un pozo doble de tipo parabólico que se emplea para modelar el potencial efectivo en el que se encuentra el átomo de nitrógeno de una molécula de amoniaco y de ese modo obtener la frecuencia de paso del efecto túnel de la molécula.

El programa de simulación impone como escenario un pozo infinito, de modo que todas las modelizaciones que se quieran crear deben incluirse dentro de este pozo. Sin embargo, el propio pozo infinito vale como caso inicial de pozo infinito. Introduciendo un valor semilla para la energía, mediante la ecuación de Schrödinger el programa permite obtener la energía de un estado ligado y su función de onda. Con lo

visto en teoría le resultará muy fácil al alumno comprobar que estos valores concuerdan con los teóricos.

A continuación el alumno realiza la simulación para los estados ligados de un pozo finito que se encuentra dentro del pozo infinito inicial y que el alumno modelizará con cuidado introduciendo los valores oportunos. El alumno puede comprobar que los valores son similares a los de un pozo infinito bajo unas condiciones determinadas.

También se propone que el alumno observe las soluciones de un doble pozo cuadrado y analice las analogías de la función de onda global del doble pozo con la combinación de los estados de los pozos individuales y que sobre compruebe el aumento de la energía con el número de nodos de la función de onda total.

Como aplicación esencial de la práctica, se pretende que el alumno modelice el potencial del átomo de nitrógeno en la molécula NH_3 según la posición que ocupe respecto al triángulo equilátero formado por los tres hidrógenos restantes (ver Figura 3).

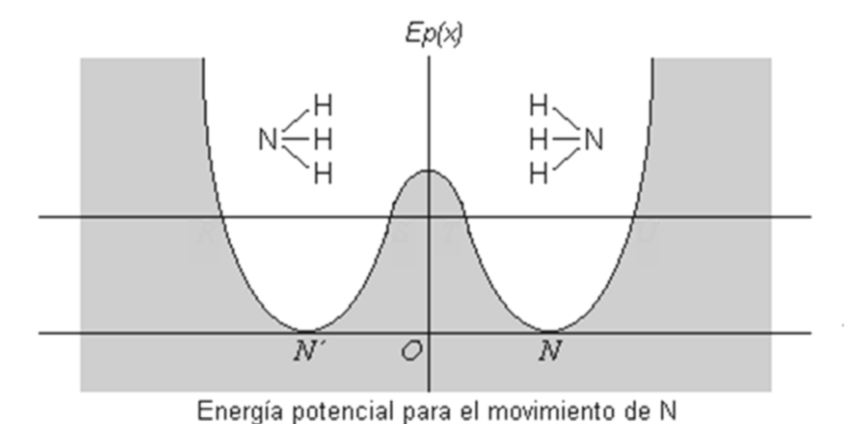


Figura 3. Barrera de potencial para el N en la molécula NH_3.

Tomando algunos factores de conversión a la hora de hacer la simulación se pueden obtener los estados ligados para la molécula de amoniaco y a partir de ellos calcular la frecuencia con la que el nitrógeno pasa de un lado a otro de la barrera mediante el efecto túnel.

6. EVALUACIÓN

La evaluación parcial de lo aprendido por los alumnos se realiza mediante cuestiones tanto de tipo *test* como de breve respuesta escrita, en las que se valora fundamentalmente el análisis y las conclusiones sobre lo observado durante la práctica, rellenando un cuestionario interactivo durante la propia sesión práctica.

Debido a que la asignatura consta de una prueba final que tiene el mismo peso en la nota que los cuestionarios de todas las prácticas realizadas, lo aprendido debe reflejarse también durante la evaluación de la prueba final.

7. CONCLUSIONES

Se han presentado dos propuestas de prácticas contextualizadas en la Química Física Cuántica que pueden ser realizadas por alumnos de ingeniería sin necesidad de un conocimiento extenso en Cuántica. Estas prácticas pertenecen al contenido de la asignatura Simulación de Propiedades de la Materia (SPMT), un laboratorio virtual de la E.T.S.I. de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid.

Las sesiones teóricas consisten en introducciones sencillas de los conceptos que se aplicarán a continuación, en las que se fomenta la participación del alumno. Las prácticas se basan en la utilización de programas de simulación por ordenador especializados en la didáctica de la Química Física Cuántica. Esta metodología posee un grado de innovación del que carece la docencia universitaria convencional.

REFERENCIAS

1. P. Wahnón, *Simulación de propiedades de la material. Modulo I,* Departamento de Publicaciones de la ETSI Telecomunicación de la UPM, Madrid (2000).
2. P. Wahnón, *Simulación de propiedades de la material. Fundamentos teóricos I.* Departamento de Publicaciones de la ETSI Telecomunicación de la UPM, Madrid (2003).
3. *Albert Physics,* Chessbase GmbH, Hamburg (1996).
4. Eisberg, Resnick, *Física Cuántica*. Ed. Limusa, México (1994).
5. R.W. Christy, A. Pytte, *Estructura de la materia,* Ed. Reverté, Barcelona (1971).

MAPAS CONCEPTUALES PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS CINÉTICOS EN LA DEGRADACIÓN NO ISOTÉRMICA DE LA ASPIRINA EN AGUA

Mª. Yolanda Fernández de Aránguiz Guridi, Mª. Rosario Berraondo Juaristi, Sofía de la Torre Torrecilla
Departamento de Química Física, Facultad de Farmacia, Universidad del País Vasco (U.P.V./EHU) Paseo de la Universidad, 7. 01006 Vitoria-Gasteiz
mariayolanda.fernandezdearanguiz@ehu.es

Se ha elaborado un mapa conceptual global en soporte informático y en papel, que contiene los conceptos fundamentales de Cinética Química Experimental y refleja la metodología a seguir en cualquier trabajo práctico de dicha materia. Este mapa, es una poderosa herramienta que puede ser utilizada tanto por el profesor como por el alumno, en el proceso enseñanza-aprendizaje en cualquier nivel de la enseñanza universitaria, ya que permite su adaptación a cada situación específica del mencionado proceso. En el presente trabajo, se muestra, además, la adecuación del mapa global para obtener el "mapa-guión" de una práctica de Cinética para niveles universitarios superiores.

1. OBJETIVO DE LA EXPERIENCIA

El objetivo fundamental es aportar un material didáctico de aplicación en Cinética Química Experimental que favorezca la actividad del estudiante en el proceso enseñanza-aprendizaje, analizar su potencialidad en los distintos niveles universitarios de esta materia, desarrollarlo para un trabajo experimental específico dirigido a estudiantes de los cursos superiores universitarios y proponer y desarrollar actividades complementarias que puedan ser utilizadas por los alumnos en el proceso de autoaprendizaje y por el profesor en el proceso de evaluación.

2. INTRODUCCIÓN

Los mapas conceptuales, son un material sumamente útil para organizar contenidos y contribuyen al desarrollo de habilidades de síntesis y de pensamiento en sistemas. Teniendo en cuenta que son herramientas idóneas de lenguaje para transmitir la descripción y comunicación de conceptos, dentro de la teoría de asimilación (1) y un valioso instrumento para favorecer un aprendizaje significativo (2), se ha elaborado un mapa conceptual de aplicación en Cinética Química Experimental, dado el interés y la relación que esta materia presenta en otras áreas científicas, y la escasa bibliografía encontrada (3) utilizando mapas conceptuales en el proceso enseñanza-aprendizaje de prácticas de laboratorio en general, tanto en enseñanzas medias como universitarias.

Si se piensa, además, que la implantación de los créditos ECTS exige un nuevo modelo educativo en el que tanto las programaciones como las metodologías están

centradas en la actividad del estudiante**,** la función del docente, en este nuevo marco, no se puede limitar a su actividad de enseñanza sino que el profesor debe actuar como guía en el proceso de aprendizaje del alumno. Por tanto, la propuesta y valoración de nuevas estrategias metodológicas y la elaboración de materiales didácticos que favorezcan la autonomía, el debate y el espíritu crítico (4) del alumno a la hora de aprender, son pasos que, previa y necesariamente, deben realizarse ante un nuevo modelo educativo. Es, en este escenario, donde, asimismo, se pretende ubicar el presente trabajo.

3. DESCRIPCIÓN DEL MAPA CONCEPTUAL GLOBAL

El mapa se ha elaborado utilizando el programa *CmapTools*, que es un software desarrollado en el *Institute for Human and Machine Cognition* (http://www.ihmc.us/), Instituto de Investigación asociado a la Universidad de *West Florida*, y, como se puede ver en la figura 1, contiene 31 conceptos fundamentales manejados en cualquier trabajo de Cinética Experimental.

Dichos conceptos, están enlazados de manera que su visión global refleja la metodología general de trabajo en la realización de una experiencia de Cinética Química, desde los ensayos más básicos que se plantean en los primeros cursos de las licenciaturas de ciencias, hasta otros más completos y sofisticados propuestos en niveles superiores, y que podrían constituir verdaderos trabajos de investigación.

Además del conocimiento que aporta el mapa propiamente dicho, el profesor puede asociar información adicional a los conceptos que en él aparecen, en forma de imágenes, archivos o mapas conceptuales, con el fin de completar su instrucción, permitiéndole, asimismo, recabar datos de sus alumnos acerca de cuestiones, ejercicios y problemas que le sirvan para una posterior evaluación.

La búsqueda de datos, consulta de conceptos y de otro tipo de información bibliográfica no es habitual en los alumnos, salvo que implique exclusivamente la utilización de *Internet*, por lo que el mapa elaborado puede ser utilizado para fomentar esa práctica, que es fundamental en cualquier ámbito formativo.

El mapa conceptual elaborado tanto en soporte informático como en papel, es una herramienta que puede servir al profesor, como base, para explicar conceptos y procedimientos en las clases teóricas y al alumno como complemento en su aprendizaje.

Debido a que dicho mapa establece las pautas de un método de trabajo en Cinética Experimental totalmente abierto a la planificación, al razonamiento y a la consecución de los resultados experimentales, puede constituir una poderosa herramienta para el alumno de los niveles universitarios superiores, en cuanto a que le permite planificar y desarrollar un trabajo experimental de investigación en Cinética.

El material didáctico elaborado sirve, asimismo, para potenciar la conexión de esta materia con otras íntimamente relacionadas, como pueden ser la Física, las Matemáticas, el fundamento de las Técnicas Instrumentales, Métodos Analíticos, Química Orgánica e Inorgánica, y otras. Por tanto, permite potenciar la inter-

disciplinaridad de las distintas ramas de la ciencia, aspecto que es de gran importancia en la formación de los estudiantes como futuros profesionales.

Actualmente, la Cinética Química se aplica en el desarrollo de diferentes áreas que van desde el diseño de moléculas hasta el control de calidad de nuevos productos, pasando por estudios sobre contaminación ambiental etc. Es bien conocido que la investigación en dichas áreas, conlleva aspectos tecnológicos y económicos de gran relevancia, por lo que dicho mapa puede tener múltiples aplicaciones en muchas disciplinas científicas.

El mapa de la figura 1, puede ser utilizado por el profesor para conseguir mejorar el aprendizaje de contenidos científicos acercando al alumno a una visión realista del trabajo científico, huyendo de las "recetas" (5), ayudándole a preparar guiones de prácticas con mayor o menor nivel de abertura, ya que le permite mostrar, especificar y concretar los conceptos, métodos y procesos a las situaciones y conocimientos propios del nivel de sus alumnos, pudiendo, además, plantear, dentro del propio mapa, las cuestiones, ejercicios y estrategias que él considere oportunas para comprobar su nivel de aprendizaje.

Dadas las características propias de un mapa conceptual, que es una herramienta didáctica viva, es decir susceptible de modificaciones por parte del profesor y del alumno, es imposible analizar y acotar toda la potencialidad de su utilización. Por ello, en el presente trabajo se va a examinar y mostrar su aplicabilidad a un ejemplo concreto dirigido a alumnos de los niveles universitarios superiores o de Master de carreras de Ciencias.

4. MAPA-GUIÓN PARA LA PRÁCTICA EXPERIMENTAL DE "DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE CADUCIDAD DE LA ASPIRINA EN AGUA MEDIANTE UNA TÉCNICA NO ISOTÉRMICA"

Las prácticas de laboratorio constituyen una parte primordial en el estudio de cualquier ciencia de carácter experimental, como es el caso de la Cinética Química y deben contribuir de manera significativa a su proceso de aprendizaje, impulsando la capacidad de análisis, potenciando la toma de decisiones ante un trabajo experimental y fomentando el aprendizaje cooperativo de los alumnos.

La propuesta de prácticas de laboratorio en las que los alumnos deben diseñar todo o parte del procedimiento experimental, prácticas en las que la información proporcionada por el profesor es reducida, potencian el proceso de construcción del conocimiento de manera significativa, siendo este uno de los objetivos específicos que se pretenden conseguir utilizando mapas conceptuales como guiones de prácticas.

El mapa global de la figura 1 es el que se va a utilizar como material de partida en el diseño del guión de la práctica anteriormente mencionada. A continuación, se detallan las etapas seguidas en el proceso de adaptación de dicho mapa hasta obtener el "mapa-guión" buscado.

Se presenta un "mapa-guión" para estudiar la degradación de la aspirina a través de una técnica novedosa y poco conocida por los alumnos que estudian Cinética

Química, como es la técnica no isotérmica. Esta es la razón que nos mueve a adaptar el “mapa-guión” global a un planteamiento experimental abierto para alumnos de cursos superiores de licenciaturas de ciencias o que se encuentren realizando un master. La investigación del mecanismo de una reacción química queda excluido del “mapa-guión” por no ser uno de los objetivos planteados en este trabajo experimental, pero es evidente que la propuesta y verificación de un mecanismo de reacción, es un proceso íntimamente ligado al estudio experimental de la velocidad de la reacción, y que podría incluirse en otro tipo de experiencias.

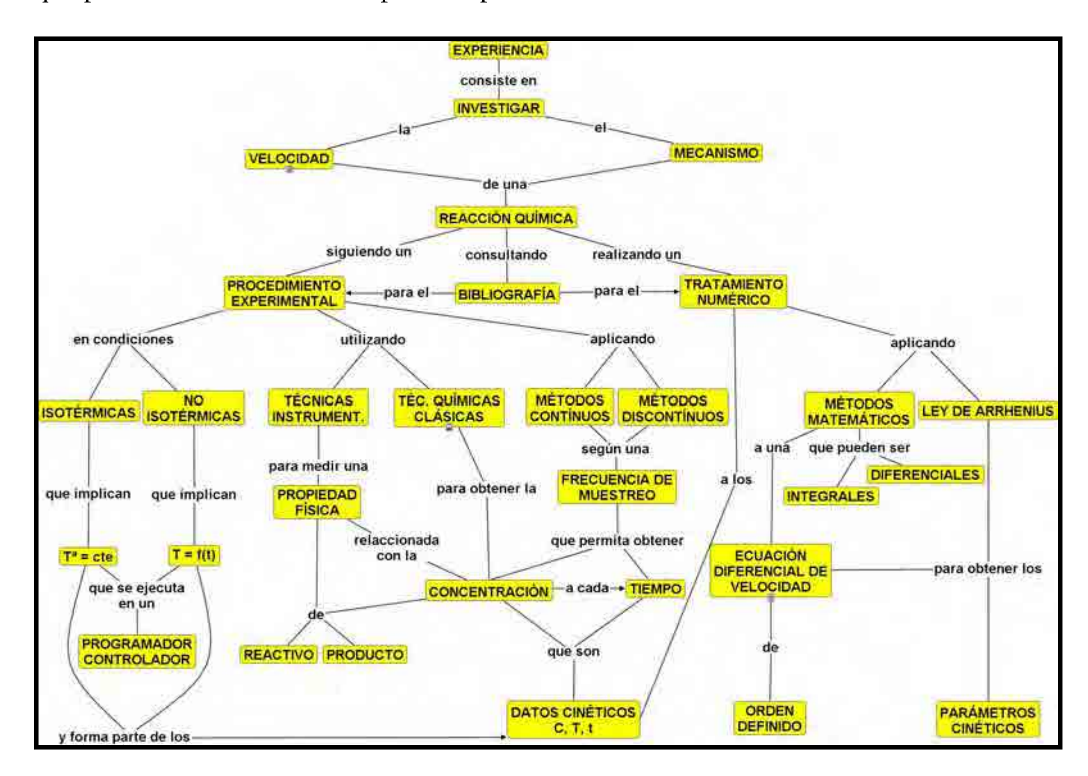


Figura 1. Mapa Conceptual de Cinética Química Experimental.

Un procedimiento experimental realizado en condiciones isotérmicas es habitual en muchas de las experiencias que se realizan en el laboratorio de los cursos iniciales universitarios, y el termostato es un aparato de control de temperatura de uso corriente, por lo que son conceptos que no se van a abordar en este trabajo y quedan excluidos de nuestro guión.

Por idénticas razones, no se van a tratan las técnicas químicas clásicas como puede ser una técnica de valoración sino que se pretende trabajar con los alumnos una Técnica Instrumental que implique la medida de una propiedad física para el seguimiento de la reacción, por ello las clásicas salen de nuestros objetivos, y se mantiene el de técnicas instrumentales.

El tipo de técnica elegida, determina asimismo el método aplicado en el muestreo. La utilización de un método discontinuo en la toma de muestras relega del mapa al método continuo, que en este caso no se va tratar.

Los conceptos eliminados, se pueden recuperar en planteamientos de prácticas o trabajos experimentales para alumnos de cursos iniciales o en otras aplicaciones experimentales.

La figura 2, muestra, en color azul y en forma oval, los conceptos del mapa global que han sido excluidos y, en color amarillo, aquellos susceptibles de desarrollo para incluirlos en el "mapa guión". Estos últimos, constituyen un "mapa-guión" para desarrollar una práctica de Cinética totalmente abierta (6).

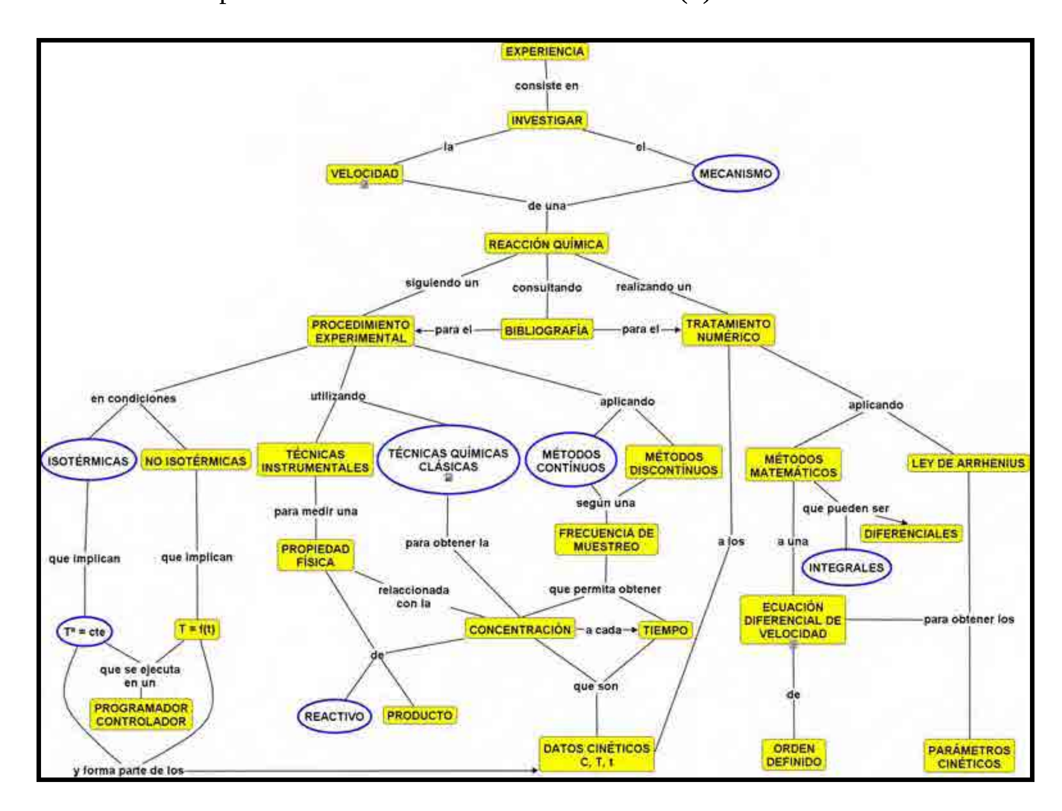


Figura 2: Adaptación del Mapa Global de Cinética Química Experimental.

En el "mapa-guión" final, que es el que se presenta en la figura 3, se introducen los conceptos específicos que se pretenden trabajar en esta experiencia concreta. Por ello, se propone investigar la velocidad de la reacción de degradación de la aspirina en agua, con el fin de determinar el plazo de validez del citado principio activo y la energía de activación del proceso aplicando la Ley de Arrhenius.

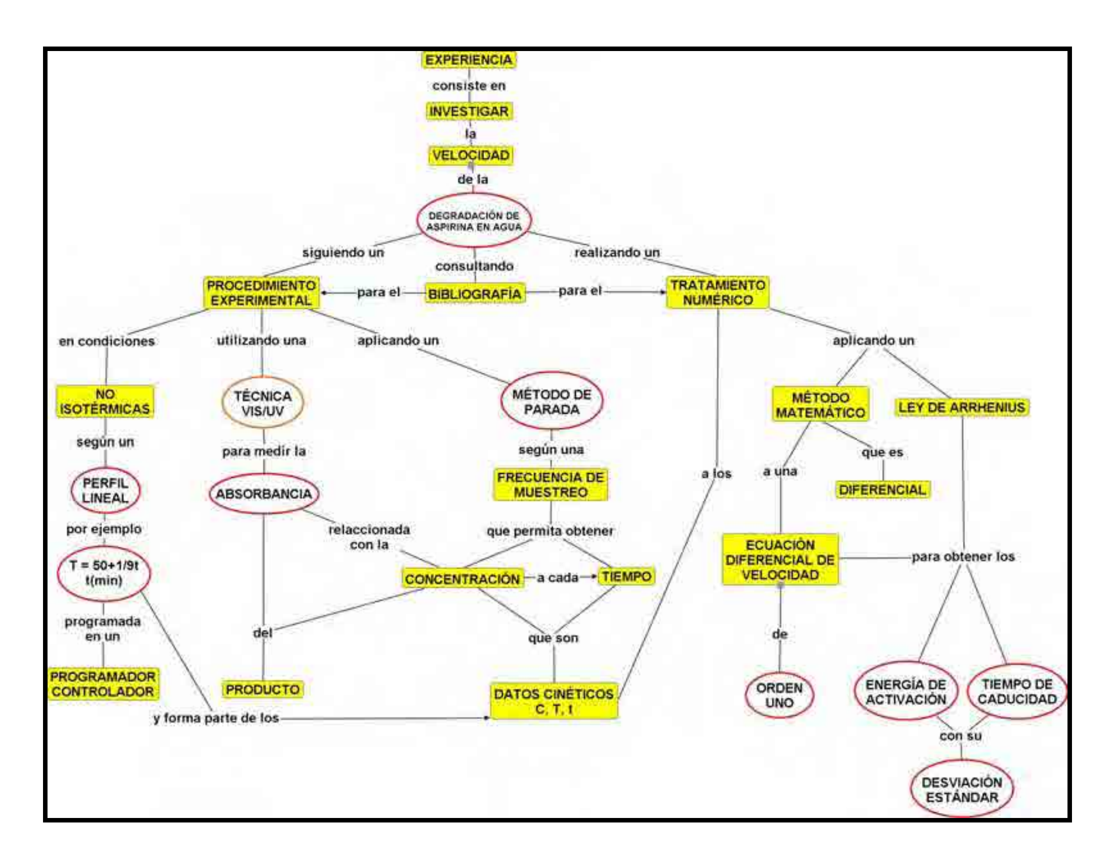


Figura 3: Mapa-guión de la práctica “Degradación de la aspirina en agua”.

Se introduce como concepto, método de parada, que es uno de los métodos de trabajo más usuales en cinética química experimental. Por último, se especifica la magnitud que el alumno debe determinar y por lo tanto conocer al final del proceso experimental seguido.

En lo referente al tratamiento numérico de los datos cinéticos, se precisan el orden de reacción del proceso, el método matemático diferencial y los parámetros cinéticos que el alumno debe determinar. En la figura 3, en forma ovalada y color rojo, aparecen los conceptos específicos referidos. Estos conceptos pueden ser o no incluidos por el profesor en función del nivel de abertura con el que desee proponer la práctica a sus alumnos.

Tal y como se describe en la primera parte de este trabajo, el mapa conceptual permite al profesor adicionar información sobre cualquiera de los conceptos incluidos en él y también utilizarlo como base para potenciar la consulta bibliográfica, el carácter interdisciplinar del planteamiento práctico y para la propuesta de cuestiones y actividades que pueden ser utilizadas como material de autoaprendizaje y evaluación de los alumnos, forzándoles a analizar e interpretar los resultados obtenidos y a utilizar el lenguaje científico de una manera correcta.

Adjunto al “mapa-guión”, se proponen una serie de cuestiones de diferente grado de dificultad relacionadas con todos los aspectos, tanto teóricos como experimentales, de la práctica. A continuación se presentan, a modo de ejemplo, algunas de las posibles.

Cuestionario:

1) Escriba la ecuación correspondiente a la reacción química cuya velocidad va a investigar. ¿Cuál será el pH de la disolución?

2) ¿Cuál es la especie química de control para el estudio cinético? ¿Por qué? ¿Qué entiende por absorbancia? ¿Qué relación existe entre la absorbancia y la concentración?

3) ¿Cuál es el fundamento cinético en el que se basa el método de parada?

4) Razone la elección de la frecuencia de muestreo que ha utilizado.

5) Obtenga la ecuación diferencial de velocidad respecto al acetilsalicílico, en función de la energía de activación, del factor preexponencial de Arrhenius y el tiempo. Exprésela en función de la propiedad física que ha medido.

6) Si sus datos cinéticos no se ajustasen a la ecuación diferencial propuesta de primer orden, ¿Qué le haría pensar?

7) Explique el significado cinético que tiene una energía de activación de valor pequeño. ¿Influye en el plazo de validez del fármaco?

Actividades complementarias:

- Elabore un mapa conceptual que contenga los siguientes conceptos: absorbancia, materia, radiación electromagnética, absorción, grupo funcional, banda y transición.
- Busque las aplicaciones farmacéuticas del ácido acetilsalicílico.
- Explique la estructura y tipo de enlaces que presenta la molécula del ácido acetilsalicílico.

5. CONCLUSIONES

El mapa-global presentado en la primera parte de este trabajo es una herramienta didáctica de gran potencia con el que se puede obtener, de forma sencilla, “mapas-guiones” de prácticas de cinética química con diferentes niveles de abertura y dificultad. Dicho mapa permite asociar todo tipo de archivos (de texto, gráficos, mapas adicionales, direcciones de *Internet*....) adecuados al nivel de conocimiento de los alumnos a los que vaya dirigido y posibilita la elaboración de material que puede ser utilizado por el alumno en su proceso de aprendizaje, y por el profesor en el proceso de evaluación del mismo.

En la segunda parte de este trabajo se presenta la adecuación del mapa global a un “mapa-guión” de cinética química para alumnos de cursos superiores de carreras de Ciencias.

REFERENCIAS

1. J.D. Novak, D.B. Gowin, *Aprendiendo a Aprender*, Ed. Martínez Roca, Barcelona (1988).
2. D.P. Ausubel *et al*., *Educational Psychology: a cognitive View* (2ª Edición), Hol, Rinehert & Winston, New York (1986).
3. Alan Blakely, *J. College Sci. Teaching*, **2000**.
4. R. Pérez Y.Gallego R. Badillo, *Corrientes Constructivistas*, Ed. Bogotá Magisterio (1995).
5. D. Hodson, *Enseñanza de las Ciencias*, **1994,** Vol. 12, nº 3, 299-313.
6. M. Herron, *School Review*, **1975,** Vol. 79, 171-212.

LOS MAPAS CONCEPTUALES APLICADOS EN ASIGNATURAS DE QUÍMICA PARA INGENIEROS

Paz Pinilla Cea [a]***, Santiago Miguel Alonso*** [a]***, Gabriel Pinto Cañón*** [b]
Grupo de Innovación Educativa de Didáctica de la Química
[a] E.T.S. de Ingenieros Navales, [b] E.T.S. de Ingenieros Industriales
Universidad Politécnica de Madrid
paz.pinilla@upm.es

En este trabajo se introducen las características principales de los mapas conceptuales como herramienta educativa para cursos de Química de alumnos de Ingeniería. Se muestra la técnica de trabajo utilizada en el aula y se analizan los resultados de las encuestas realizadas a los alumnos una vez que han cursado las asignaturas.

1. INTRODUCCIÓN

Está ampliamente admitido que las representaciones visuales utilizadas para la comunicación y asimilación de ideas son de gran utilidad para el aprendizaje de las Ciencias Experimentales. Entre otros organizadores gráficos, algunos de los más utilizados son los mapas conceptuales, la V heurística (también conocida como la "V de Gowin") y las bases de orientación (1). En este trabajo se exponen los resultados obtenidos en cuanto a la elaboración de mapas conceptuales (MC) por los alumnos de Química de primer curso universitario, de las titulaciones de Ingeniero Naval e Ingeniero Químico que se imparten en la Universidad Politécnica de Madrid. Para el análisis de los resultados se tuvieron en consideración los mapas realizados y las opiniones de los alumnos a través de encuestas específicas.

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MAPAS CONCEPTUALES

Los MC son herramientas educativas que permiten representar gráficamente el conocimiento, y están basados fundamentalmente en conceptos y proposiciones. Fueron ideados en la década de los 70 por Joseph N. Novak, quien profundizó en su uso con la colaboración de D.B. Gowin (2), basándose en las teorías del aprendizaje significativo de David Ausubel. Existe aprendizaje significativo cuando el conocimiento percibido se integra con las ideas previas, se comprende su utilidad real o se le asigna una utilidad nueva, asimilando ese conocimiento de forma definitiva (3).

En este punto, es importante resaltar las palabras del Prof. Abarca Fernández: *"Queremos llamar la atención, en primer lugar, contra cualquier tentación de ver "la solución" a los problemas de enseñanza/aprendizaje de las Ciencias en los planteamientos constructivistas, hoy en auge, y cuya terminología pretendemos interpretar. Se corre, efectivamente, el peligro de que se conviertan en un nuevo eslogan superficial e ineficaz, y que, por tanto, impidan la mejora del aprendizaje. Si*

algo comienza a estar claro hoy, precisamente, es la necesidad de romper con la idea ingenua, pero extraordinariamente extendida, de que enseñar es fácil: cuestión de personalidad, de sentido común o... de encontrar la receta adecuada para acabar con la enseñanza tradicional” (4).

Es posible realizar mapas conceptuales de textos, entrevistas, proyectos de investigación o cualquier tipo de fuente cuya interpretación exija el empleo de conceptos y sus relaciones. El MC presenta características importantes a considerar como son: el impacto visual y la posibilidad de simplificar y mostrar las relaciones conceptuales; incluso puede servir como instrumento lógico, como en el caso de los diagramas en las Matemáticas o los gráficos para representación de estadísticas.

Un MC representa el estado de conocimiento, en un momento dado, de una persona o de un grupo y sirven, por tanto, para representar el propio proceso de construcción del conocimiento (5). No por usar los MC un alumno tendrá conocimiento extenso de un tema; los MC ponen de manifiesto lo que se conoce y evidencian lo que queda por aprender e, incluso, sus resultados presentan diversos matices, no siendo un fin en sí mismo sino una herramienta que permite el desarrollo de habilidades (6).

A la hora de elaborar un MC jerárquico hay que tener en cuenta los siguientes pasos:

1. Elegir un tema.
2. Confeccionar una lista de conceptos importantes.
3. Ordenar los conceptos de lo general a específico.
4. Construir el Mapa con los conceptos generales en la parte superior y los específicos en la inferior.
5. Unir los conceptos mediante conexiones que deben contener palabras de enlace.
6. Establecer enlaces cruzados significativos entre las diferentes jerarquías del Mapa.
7. Escribir el título del Mapa y un subtítulo para explicar el contenido.

Es importante que la lectura del MC comience con el concepto de mayor jerarquía, es decir aquel que se encuentra a mayor altura con respecto a los otros, y la secuencia de lectura se realice mediante el seguimiento de las líneas que se originan del concepto principal o de mayor jerarquía.

Los MC pueden servir como una clave fundamental para que el profesor siga el mejor camino para comunicar una serie de conceptos. También se pueden utilizar para ayudar al profesor a explicar por qué profundiza en un aspecto particular, de forma que los alumnos puedan ver cómo aspectos particulares de información se ajustan a un esquema más amplio. Esta estrategia sirve también, por ejemplo, para ayudar a los alumnos a clarificar las diferencias entre conceptos relacionados y para motivarles a pensar en ellos más profundamente. La percepción de todo un conjunto de relaciones facilita la atención. En resumen, los MC son útiles tanto para los alumnos, que “aprenden a aprender” (7), como para los profesores (8).

Entre otros aspectos, los MC sirven para: facilitar la rápida visualización de contenidos y la visión global del tema por parte de alumnos y profesores, favorecer el recuerdo (se añade la potencialidad de la memoria visual), permitir la detección rápida de los conceptos clave y de la relaciones existentes entre ellos, posibilitar la investigación de conocimientos ya sabidos y de integrar nuevas adquisiciones, y facilitar la evaluación de los procesos educativos por comparación de MC elaborados en distintos momentos del aprendizaje (9).

3. USO DE MAPAS CONCEPTUALES PARA EL APRENDIZAJE DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

La utilización de los MC en la enseñanza universitaria, es relativamente reducida aunque en los últimos años se ha notado un aumento. Al respecto, se emplea en materias como Física (10), Fisicoquímica (11), Ingeniería Química (12) y Química (13-15).

Dada la complejidad que puede conllevar, especialmente en niveles universitarios, la elaboración de MC, existen herramientas que permiten no sólo su realización, sino la discusión en grupo, a nivel virtual. En este sentido, destaca el programa informático *CMap Tools*, desarrollado por el *Institute of Human and Machine Cognition* de la Universidad de *West Florida* (16), con un software gratuito para fines educativos y de investigación.

A nivel universitario, existen interesantes aplicaciones de los MC en situaciones colaborativas, ya que implican el desarrollo de trabajo en grupo y el uso de nuevas tecnologías de la información y de la comunicación (17). Así, es posible navegar por los mapas ya realizados, e interactuar con los diferentes conceptos, de tal forma que siempre es factible mejorar el mapa en grupo, una vez que hayan sido discutidos los diferentes conceptos y sus relaciones.

Los MC son una de las más poderosas herramientas para "retratar" lo que un estudiante conoce sobre un tema, dentro de las Ciencias Experimentales, y permiten apreciar el proceso de aprendizaje en la resolución de problemas, como aplicación de la parte teórica vista anteriormente (18).

4. TÉCNICA DE TRABAJO Y RESULTADOS

Como se indicó anteriormente, los autores de este trabajo desarrollamos desde hace tres años una serie de experiencias sobre la utilización de los MC en la práctica docente de asignaturas de Química que se imparten en la Universidad Politécnica de Madrid.

Así, en la E.T.S. de Ingenieros Navales se ha utilizado la técnica de elaboración de MC con los alumnos como forma de trabajo individual, elaborando un MC por cada tema de la asignatura de Química de primer curso y manejándolos como herramienta para fomentar el aprendizaje significativo. Además se utiliza un instrumento de trabajo para poder crearlos como es el programa *CMap Tools*. Ya en el grupo, se discuten y

analizan los distintos mapas realizados, seleccionando aquellos más completos, de tal forma que los alumnos comparten el trabajo realizado. Como ejemplo (Figura 1) se ha incluido un mapa conceptual sobre el enlace iónico realizado por un alumno en el curso 2006/07.

En la E.T.S. de Ingenieros Industriales se desarrolla la elaboración de MC como una técnica de trabajo cooperativo en la que los alumnos de ingeniería Química, agrupados de tres en tres, deben realizar, con el asesoramiento del profesor, un MC por cada tema de la asignatura de primer curso de Química Inorgánica. Aunque, como se indicó anteriormente, lo importante no es el MC en sí, sino como medio de aprendizaje, se incluye un mapa conceptual (Figura 2) realizado por uno de los grupos de alumnos en el año 2006, a modo de ejemplo.

Una vez finalizado el curso 2006/07 se realizó una encuesta a los alumnos de la asignatura de Química de la titulación de Ingeniero Naval, con preguntas dirigidas para obtener información sobre la técnica de elaboración de mapas conceptuales, conocer si esta herramienta ha sido útil como técnica de estudio, y saber si ha ayudado al alumno a adquirir mayores conocimientos del tema, entre otros aspectos. Los resultados de la citada encuesta (para valores entre 1, nada de acuerdo, y 5, totalmente de acuerdo), respondida por un total de 27 alumnos, fueron:

Tabla 1. Resultados de la encuesta realizada (ver texto), con valores de respuesta entre 1 (nada de acuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo).

Aspecto valorado	*Valor medio*
¿Esta experiencia te ha servido para mejorar la elaboración de mapas conceptuales?	3,9
¿La herramienta te ha sido útil para seleccionar, ordenar, profundizar y sintetizar los conocimientos del tema?	3,3
¿Elaborar mapas conceptuales ha sido útil como técnica de estudio: te ha facilitado el aprendizaje, te ha ayudado a repasar conocimientos?	3,0
¿La elaboración de mapas conceptuales te ha ayudado a mejorar tus capacidades intelectuales: resumir, esquematizar, estructurar, diferenciar ideas principales y secundarias?	3,4

En cuanto a los alumnos de la asignatura de Química Inorgánica, se les preguntó al finalizar la asignatura (curso 2005/06) su valoración sobre esta herramienta educativa, también entre 1 (nada de acuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo). Entre los 50 alumnos que respondieron, si bien la valoración media fue de 2,7, un 24 % de alumnos la valoró como 4 (bastante de acuerdo) y un 6 % como 5 (totalmente de acuerdo).

Los datos expuestos y la experiencia acumulada en los últimos tres cursos en las materias señaladas, permiten indicar que los alumnos muestran ciertas reticencias a la hora de elaborar mapas conceptuales. A juicio de los autores, ello es debido a que los alumnos dominan la estrategia de un aprendizaje memorístico que, de alguna manera, les ha sido "rentable" en niveles educativos previos. Por otra parte, reconocen que este

método de trabajo es importante a la hora de profundizar, ordenar, y sintetizar los conocimientos sobre un tema. Además el esfuerzo y la estrategia que supone la elaboración del mapa conceptual les lleva a resolver el problema de cómo ordenar la jerarquía de los conceptos que han utilizado. La técnica del mapa conceptual no resulta fácil de entender ni de llevar a cabo por los alumnos, se necesita un uso continuado y dedicar una serie de sesiones iniciales para introducir a los alumnos en esta técnica de trabajo.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer a la Universidad Politécnica de Madrid por la financiación del trabajo, a través del proyecto de *Nuevas metodologías para la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje de la Química* (2006/07).

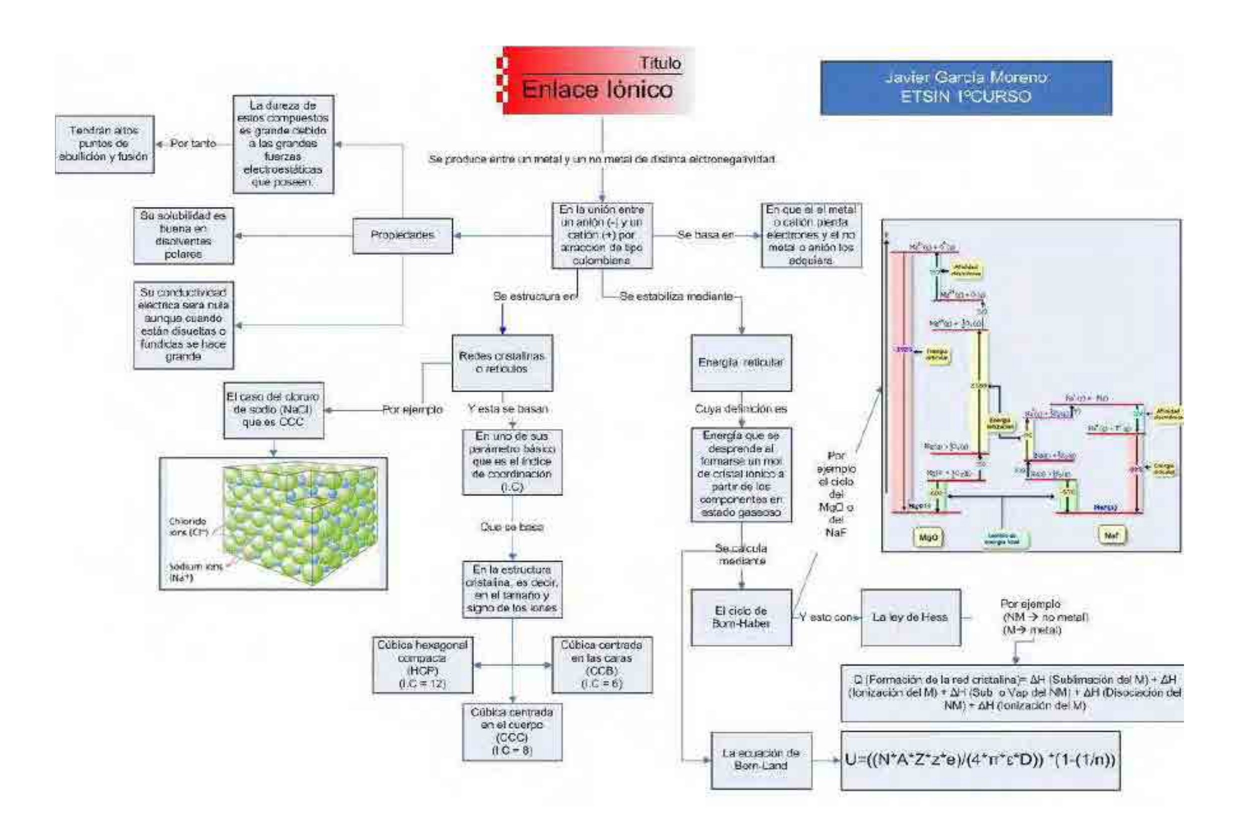


Figura 1. Ejemplo de mapa conceptual, elaborado en 2006 por el alumno Javier García (primer curso de Química de la titulación de Ingeniero Naval).

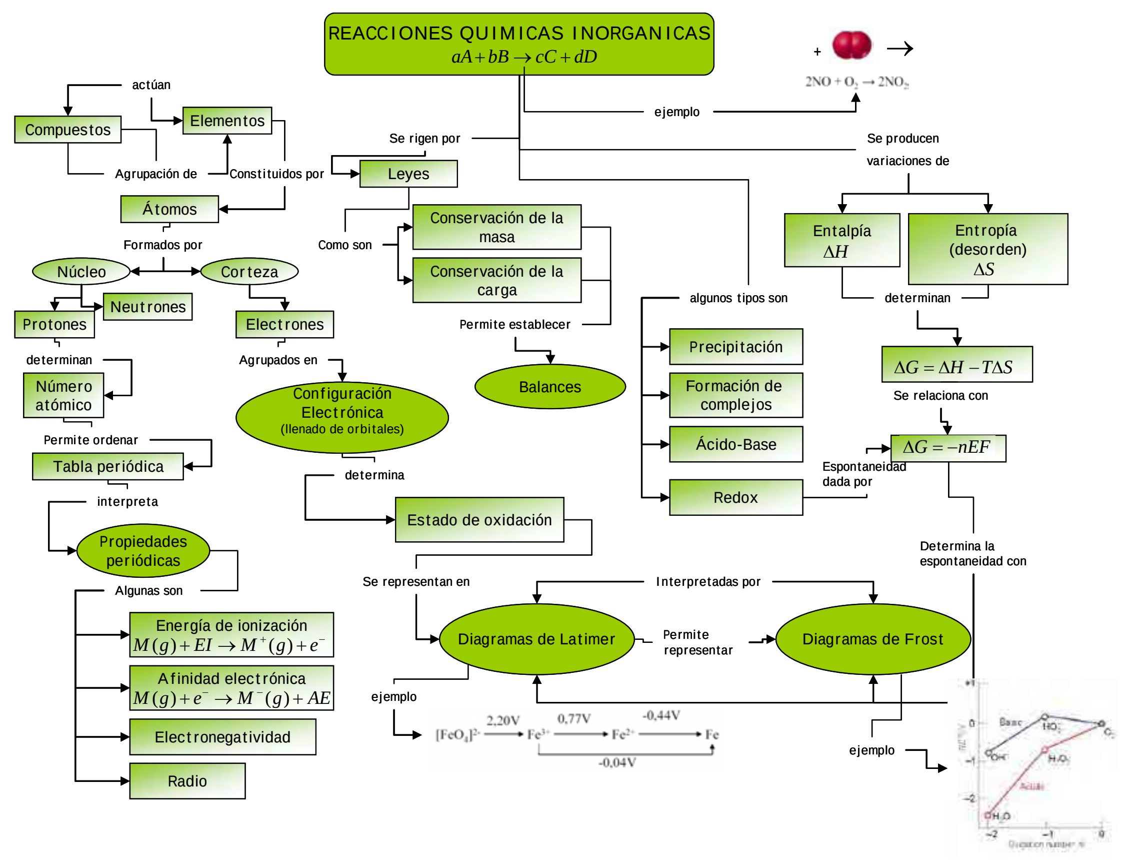


Figura 2. Ejemplo de mapa conceptual, elaborado en 2006 por alumnos (I. Peña, Y. Ramírez y M. Pérez) de primer curso de Ingeniería Química, sobre el tema de Introducción a la Química Inorgánica.

REFERENCIAS

1. N. Sanmartí, *Didáctica de las Ciencias Experimentales en la Educación Secundaria Obligatoria*, Ed. Síntesis Educación, Madrid (2002).
2. J.D. Novak, D.B. Gowin, *Aprendiendo a aprender*, Ed. Martínez Roca, Barcelona (1998).
3. D.P. Ausubel, J.D. Novak, H. Hanesian, *Psicología educativa: un punto de vista cognitivo*, Ed. Trillas, México (1983).
4. R. Abarca Fernández, *Vocabulario de nuevo enfoque pedagógico*, en la dirección (accesible en mayo de 2007): http://www.ucsm.edu.pe/rabarcaf/vonuep00.htm.
5. L. Beirute, *Reflexiones teóricas para la implementación de estrategias metodológicas que faciliten la construcción de mapas conceptuales profundos*, en *Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping*, A.J. Cañas, J.D. Novak, Eds., San José, Costa Rica (2006).

6. M.A. Rodríguez Rojas, *Mapas conceptuales en las aulas panameñas: aptitud para cambiar actitud*, en *Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping*, A.J. Cañas, J.D. Novak, Eds., San José, Costa Rica (2006).
7. L. Cardellini, *J. Chem. Educ.*, **2004**, Vol. 81 (9), 1303-1308.
8. J.D. Novak, *J. Research in Sci. Teaching*, **1990**, Vol. 27 (19), 705-712.
9. J. Sierra, *Concept map tools: una herramienta para aprender a enseñar y para enseñar a aprender colaborativamente*, en el IV Congreso Internacional Virtual de Educación (2004). Disponible en la dirección de *Internet* (accesible en mayo de 2007): http://www.cibereduca.com
10. A.L. Pérez Rodríguez, M.I. Suero López, P.J. Pardo Fernández, M. Montanero Fernánde, *Utilización de mapas conceptuales para mejorar los conocimientos relativos a la corriente eléctrica continua mediante su reconstrucción colaborativa*, en *Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping*, A.J. Cañas, J.D. Novak, Eds., San José, Costa Rica (2006).
11. M.Y. Fernández de Aránguiz, M.R. Berraondo, S. de la Torre, *Mapas conceptuales en prácticas abiertas de Fisicoquímica*, en Didáctica de la Física y la Química en los distintos niveles educativos, G. Pinto (Ed.), Ed. Sección de Publicaciones ETSII-UPM (2005).
12. S. Muryanto, *Int. J. Eng. Educ.*, **2006**, Vol. 22, 979-985.
13. A. Regis, P.G. Albertazzi, E. Roletto, *J. Chem. Educ.*, **1996**, Vol. 73 (11), 1084-1088.
14. G. Nicoll, J. Francisco, M. Kakhleh, *J. Chem. Educ.*, **2001**, Vol. 78 (8), 1111-1117.
15. G. Pinto, A. Chávez, L. Yunqi, J. Xu, *Anales de la Real Soc. Española de Química*, **2005**, 101 (3), 37-43.
16. CMap Tool desarrollado en la Universidad de *West Florida* (accesible en mayo de 2007): http://cmap.ihmc.us/
17. A. Notoria, *Los Mapas Conceptuales en el aula*, Ed. Magisterio del Río de la Plata, Buenos Aires (1996).
18. M.E. Parolo, *La Metacognición y el Mejoramiento de la Enseñanza de Química Universitaria*, Buenos Aires (2004).

"LOS GATOS CAEN DE PIE": APLICACIÓN DEL MÉTODO CIENTÍFICO AL ESTUDIO DE LA VELOCIDAD DE CAÍDA DE UN CUERPO

Paloma González del Barrio [a]***, Emiliano González Izquierdo*** [b]
[a] I.E.S "Conde Diego Porcelos", c/ Eloy García de Quevedo s/n, 09006 Burgos
[b] I.E.S. "Santo Domingo de Guzmán", Pza. Santo Domingo s/n 09340 Lerma (Burgos)
pglezb@terra.es, eglezi@terra.es

El estudio del efecto de la fuerza de rozamiento en cuerpos que caen en el aire es importante porque es parte de nuestra experiencia diaria, y nos explica, por ejemplo, porqué las hojas de los árboles o las gotas de lluvia no parecen tener aceleración al caer. En el presente trabajo se plantea el estudio de la relación que existe entre la fuerza de rozamiento y la velocidad de caída de un objeto en el aire. Para su enfoque, ha sido posible utilizar una aproximación constructivista, dejando que los resultados experimentales conduzcan al alumno a encontrar la relación entre las variables que caracterizan el fenómeno.

1. INTRODUCCIÓN

Después del estudio de la caída libre es conveniente, y resulta muy práctico, el estudio de la caída de un cuerpo con rozamiento, sobre todo, porque suscita mucho interés en los alumnos y porque permite explicar fenómenos que, formando parte de la experiencia directa del alumno, parecen contradecir el esquema teórico en el que se sustenta el movimiento de caída libre.

Cuando un objeto se mueve a través de un fluido, el fluido ejerce una fuerza de rozamiento sobre el cuerpo que tiende a reducir la velocidad del objeto. Esta fuerza depende de la forma del objeto, de la superficie frontal del objeto que se opone al fluido, de las propiedades del fluido y de la velocidad del objeto respecto al fluido. En el caso de un cuerpo que cae en el aire, la fuerza de rozamiento crece con la velocidad del objeto. Para pequeñas velocidades es casi proporcional a la velocidad del objeto; para velocidades superiores es casi proporcional al cuadrado de la velocidad (1).

Se propone al alumno encontrar la relación entre la velocidad de caída de un cuerpo en el aire y los factores de los que depende. Para impulsar la metodología y la investigación científica, se plantea como una pequeña investigación en la que deben tomar datos y realizar un análisis y una representación gráfica de los mismos que, finalmente, permitirá a los alumnos una mejor comprensión e interpretación del medio que los rodea y de los fenómenos que ocurren en él (2,3).

De la gran cantidad de estudios que existen referentes a la caída de un cuerpo, extraemos, a continuación, aquellos aspectos que nos han parecido de mayor interés:

En primer lugar, destacamos, los principales errores (4) que los alumnos cometen y sobre los que se insistirá en las actividades:

- Debido a la experiencia que tienen los alumnos del rozamiento no es difícil que admitan su existencia y lo conciban como algo que se opone al movimiento relativo entre los cuerpos que están en contacto. Descartan la posibilidad de que favorezca al movimiento.

- Muchos alumnos consideran que sólo hay rozamiento entre los sólidos. Otros consideran que también puede existir rozamiento cuando hay presente un líquido, pero no cuando hay gases y más concretamente aire.

-En algunos casos consideran que la fuerza de rozamiento es la reacción, en el sentido de la Tercera Ley de Newton, posiblemente el origen se encuentre en la similitud del carácter “opuesto” que tienen.

En segundo lugar, hemos tenido en cuenta que los contenidos que implican un enfoque ciencia-tecnología-sociedad resultan más motivadores para los alumnos (5), utilizando ejemplos o situaciones que le son familiares.

Se ha pretendido diseñar unas actividades de bajo costo, sencillas y fácilmente realizables por los alumnos con la intención de facilitar el aprendizaje significativo (3).

Las actividades, en las que es necesario tomar datos, se han distribuido entre varios grupos; de esta forma, como en todo proceso de investigación, el trabajo termina con la comunicación, discusión y conclusiones de los resultados de cada grupo (2).

Puesto que los alumnos están sumergidos en un mundo informatizado, en general, están preparados y motivados para el uso de una hoja de cálculo, que además, permitirá el estudio más detallado y preciso del fenómeno ganando en profundidad y análisis, puesto que permite el tratamiento de mayor cantidad de datos en menor tiempo. Además, estos cálculos pueden realizarlos fuera del ámbito del laboratorio.

2. EJEMPLOS DE ACTIVIDADES

Nivel: 4º ESO.
Temporalización: 2 h.

I. LA CAÍDA DE UN CUERPO CON ROZAMIENTO Y SIN ROZAMIENTO

A1. Objetivo: Estudiar por qué caen los cuerpos con distinta aceleración cuando lo hacen en el aire. Introducir el rozamiento como factor que modifica la velocidad de caída de un cuerpo.
Materiales: Plastilina, una cuerda de 10 m, cronómetros, una balanza y folios.
Formar equipos de 4 a 6 alumnos, dos o tres estarán en el patio y el resto en el laboratorio.

a. Mide la distancia de la ventana del laboratorio al suelo.
b. Calcula la masa de un folio y prepara una bola de plastilina de 2 gramos.

c. Comprueba que un folio arrugado, hecho una bola prieta, cae con aceleración parecida a una bola de plastilina de dos gramos. Analiza el tiempo de caída.

> En la caída libre todos los cuerpos caen con una aceleración igual a g, aceleración que es independiente de la masa del cuerpo que cae, del material de que está constituido y de su forma. Esto sólo es rigurosamente correcto cuando se supone que la caída se produce en ausencia de aire o, al menos, cuando el rozamiento se puede considerar despreciable.

d. Comprueba que si tiras un folio que no está arrugado cae más despacio que uno arrugado y hecho una bola.

> Si se tiene en cuenta el rozamiento que ejerce el aire sobre cualquier cuerpo que caiga en su interior, la aceleración de caída será diferente de un cuerpo a otro, y menor que *g*. Afecta más a unos cuerpos que a otros. Esto no ocurriría en ausencia de aire o, en general, en ausencia de rozamiento.

e. Deja caer un folio apoyado en un libro desde una altura pequeña. Comprueba que el folio no queda retardado en su movimiento sino que llega al suelo junto al libro.

II. ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO DE CAÍDA DE UN CUERPO CON ROZAMIENTO

A1. Objetivo: Comprobar que el tiempo de caída es función de la masa del cuerpo.
Material: Globos, plastilina, cronómetros, balanza, cuerdas y una regla.
Formar equipos de 4 a 6 alumnos, dos o tres estarán en el patio y el resto en el laboratorio.

a. Infla dos globos con el mismo diámetro, de forma que uno tenga una masa de 5 g y el otro una masa de 8 g. Calcula el tiempo de caída en cada caso. (Introduce la plastilina en la boquilla del globo hasta conseguir la masa deseada).

> Al tener los dos globos la misma forma y la misma superficie frontal, el tiempo de caída será sólo función de la masa del cuerpo.

A2. Objetivo: Comprobar que el tiempo de caída es función del área de la sección frontal expuesta al aire y de la forma del cuerpo.
Material: Globos, plastilina, cronómetros, balanza, cuerdas y una regla.

Formar equipos de 4 a 6 alumnos, dos o tres estarán en el patio y el resto en el laboratorio.

a. Ahora tira dos globos de distinto diámetro y con la misma masa. Analiza el tiempo de caída. (Introduce la plastilina en la boquilla del globo hasta conseguir la masa deseada).

La fuerza de rozamiento es mayor en el globo que presenta mayor superficie. Esto implica que la velocidad de caída del objeto sea menor y, por tanto, mayor el tiempo de caída. Insistimos que esto no ocurriría en ausencia de aire o, en general, en ausencia de rozamiento.

b. Tira un paracaidista de juguete, con el paracaídas abierto, y un globo inflado tarados con la misma masa y calcula el tiempo de caída.

La fuerza de rozamiento es mayor en el paracaídas que presenta mayor coeficiente de penetración aerodinámico. Esto implica que la velocidad de caída del paracaidista sea menor y, por tanto, mayor el tiempo de caída. Insistimos que esto no ocurriría en ausencia de aire o, en general, en ausencia de rozamiento.

A3. Objetivo: Comprobar que el tiempo de caída es función de las características del fluido.
Material: Probeta de 500 ml, agua, 2 monedas de 20 céntimos.

a. Deja caer una moneda de 20 céntimos dentro de una probeta de 500 ml llena de agua y a la misma altura deja caer una moneda igual en el aire.

III. RELACIÓN ENTRE LOS FACTORES ESTUDIADOS

A1. Objetivo: Estudio de la relación entre la masa de un cuerpo y el tiempo de caída en el aire.
Material: Globos, plastilina, cronómetros, balanza, cuerdas y una regla.
Formar equipos de 4 a 6 alumnos, dos o tres estarán en el patio y el resto en el laboratorio.

a. Deja caer globos del mismo diámetro y distintas masas. Tabula los resultados e introdúcelos en una hoja de cálculo; estudia cómo puede ser la relación entre la masa del cuerpo y el tiempo de caída. Realiza una representación gráfica.

A2. Objetivo: Estudio de la relación entre el radio de un cuerpo y el tiempo de caída en el aire.

Material: Globos, plastilina, cronómetros, balanza, cuerdas y una regla.
Formar equipos de 4 a 6 alumnos, dos o tres estarán en el patio y el resto en el laboratorio.

a. Deja caer globos de distinto diámetro y con la misma masa. Tabula los resultados e introdúcelos en una hoja de cálculo; estudia cómo puede ser la relación entre el radio del cuerpo y el tiempo de caída. Realiza una representación gráfica.

A3. Objetivo: Desarrollar el hábito de enfocar un problema dibujando un esquema e indicando las fuerzas más importantes que actúan sobre el cuerpo considerado aislado.

a. Identifica las fuerzas que están actuando sobre un cuerpo que cae en el aire.

A4. Objetivo: Comprobación de resultados. Explicación teórica

Cuando un paracaidista se lanza desde el avión suponemos que su caída es libre, el peso es la única fuerza que actúa sobre él, la aceleración es constante, y las ecuaciones del movimiento son las estudiadas en el movimiento de caída libre. Cuando abre el paracaídas además del peso, actúa una fuerza de rozamiento proporcional al cuadrado de la velocidad que se opone al movimiento del cuerpo. El empuje del aire se considera despreciable ya que la densidad del aire es mucho menor que la del cuerpo.

Cuando un cuerpo se mueve a velocidad relativamente baja a través de un fluido, tal como el aire, la fuerza de rozamiento puede obtenerse aproximadamente suponiendo que es proporcional a la velocidad; para cuerpos grandes y velocidades mayores, la fuerza de rozamiento es proporcional a una potencia mayor de la velocidad.

a. Realiza un análisis de los datos y busca el origen de las distintas fuentes de error.

IV. VELOCIDAD LÍMITE DE CAÍDA

A1. Objetivo: Comprender la dinámica del movimiento de caída con rozamiento.
Material:

a. Analiza las fuerzas que actúan sobre un paracaidista con el paracaídas abierto.

El paracaidista está sometido a la acción de su peso y de una fuerza de rozamiento. El empuje del aire se considera despreciable ya que la densidad del aire es mucho menor que la del cuerpo.

Todo cuerpo que cae va aumentando su rapidez. Esto provoca que vaya aumentando la fuerza de rozamiento con el aire (que en el caso del paracaidista es proporcional a su velocidad al cuadrado). Cuando la fuerza de rozamiento con el aire es igual a la fuerza de atracción gravitatoria, la resultante es nula, y a partir de ese momento la aceleración de caída se hace cero (1).

El cuerpo continúa entonces moviéndose a la velocidad constante, llamada velocidad límite (1).

b. ¿Por qué siempre que un paracaidista salta desde una altura mayor de la necesaria para que alcance una rapidez constante llega a la superficie terrestre con la misma rapidez?

El valor de la velocidad límite es independiente de la velocidad inicial del paracaidista en el momento de abrir el paracaídas. Así, se obtienen la misma velocidad límite, tanto si abre el paracaídas nada más saltar del avión, como si lo abre a mitad de camino entre el avión y tierra (3).

c. Analiza las fuerzas que actúan sobre los globos que hemos tirado desde la ventana.

Sobre los globos actúan hacia abajo la fuerza peso y hacia arriba la fuerza de rozamiento y el empuje del aire. El empuje del aire se considera despreciable ya que la densidad del aire es mucho menor que la del cuerpo. Numerosos estudios coinciden en que la velocidad límite de caída, en este caso, se hace constante en 0,4 s (6). Podemos considerar, por tanto, que los globos, casi desde el inicio de su movimiento, se desplazan con velocidad constante, que será su velocidad límite.

d. Teniendo en cuenta que los globos, casi desde el inicio del movimiento, se desplazan con velocidad constante, representa la velocidad de los globos en función de la masa y del radio (utiliza los datos del apartado III). Discute los resultados.

V. RECAPITULACIÓN

A1. Objetivo: Relacionar las actividades con fenómenos que se desarrollan en la vida real y verificar que el fenómeno es comprendido por los alumnos.

a. ¿Qué diferencia presenta el fenómeno de la caída libre respecto del fenómeno de la caída del paracaidista?

b. ¿Qué similitudes presentan la caída de la hoja de un árbol y la del paracaidista?
c. ¿Por qué un paracaidista debe esperar un poco antes de abrir el paracaídas?
d. Las nubes están formadas por gotas. Cada gotita puede tener un diámetro de 0,01 mm. Las gotitas deberían de caer, ya que su densidad es mayor que la del aire ¿Por qué se mantienen las nubes en suspensión en el aire? ¿Por qué en estas condiciones no se produce la lluvia?

Dado su pequeño tamaño y la existencia de la fuerza de rozamiento con el aire, la velocidad límite de caída de las gotas es muy pequeña, unos 5mm cada hora. Pero además al condensarse el vapor para formar las pequeñas gotitas, da lugar al calentamiento del aire de la nube y hace que ascienda, si el aire que sube está seco, este movimiento ayuda a mantener las gotas. Si el aire está húmedo, las gotas van aumentando de tamaño y aumenta la velocidad con la que caen. En su camino hacia abajo capturan nuevas gotitas de forma que siguen creciendo hasta que la velocidad de caída es suficiente para producir la lluvia.

e. Si no hubiese fricción con el aire: ¿cuál sería la velocidad con la que caerían las gotas de agua, de una nube que está a 1 km de altura?
f. ¿Cuál es la velocidad instantánea en caída libre al cabo de 10 s?
g. Si dos piedras de distinta masa caen desde la misma altura, teniendo en cuenta el rozamiento con el aire, ¿cuál tendrá más velocidad y llegará antes al suelo?
h. ¿Por qué las posibilidades de sobrevivir son las mismas si nos caemos desde un piso 50 que si nos caemos, sin paracaídas, desde un avión a 3000 m?
i. ¿Por qué la caída de los gatos suele tener peores consecuencias si se produce desde un primer piso que si es desde un segundo o tercero?

Cuando el gato nota la aceleración de la caída, adopta una postura encogido con las patas estiradas, que le permite, al llegar al suelo, amortiguar el efecto del impacto. Si la caída se produce desde un primer piso, el gato no tiene tiempo de adoptar la mencionada postura. El gato adopta una postura defensiva sólo cuando nota la aceleración de la caída, en cuanto alcanza la velocidad límite, deja de haber aceleración y el gato relaja su postura que, por ser menos encogida, ofrece mayor superficie de contacto con el aire. Este aumento de superficie trae consigo una mayor resistencia frenando la caída, consiguiendo una nueva velocidad límite más pequeña (7).

REFERENCIAS

1. P.A. Tipler, *Física I*, Ed. Reverté, Barcelona (1992).
2. F. Martín Martín, J. Mayorga Fernández, T. Mozas Arroyo, R. Yus Ramos, *Técnicas Experimentales de Laboratorio*, Ed. Akal, Málaga (1997).
3. Páginas *Web* de Ángel Franco:

http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/teoria/A_Franco/Introduccion/fisica/fisica2.htm
4. J. Hierrezuelo Moreno, A. Montero Moreno, *La Ciencia de los alumnos*, Ed. Laia, Barcelona (1989).
5. C.M. Pérez, J.M. Moreno, *Evaluación y detección de dificultades en Física y Química en el Segundo Ciclo de la ESO*, Ed Centro de Publicaciones del MEC (1998).
6. S.E. Calderón, S. López: http://www.cienciaredcreativa.org/
7. A. Varela, Los gatos y la velocidad límite, en: http://ciencianet.com/gatos.html.

OTRAS REFERENCIAS

- M. Alonso, E.J. Finn, *Física. Mecánica*, Ed. Pearson, México (1999).
- J. Hierrezuelo Moreno *et al.*, *Ciencias de la Naturaleza. 4º de ESO*, Ed. Elzevir, Vélez-Málaga (1993).
- J. Hierrezuelo Moreno, E. Molina González, C. Sampedro Villazán, V. del Valle Núñez, *Física y Química 1º Bachillerato*, Ed. Elzevir, Málaga (1995).

RECONSTITUIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS HISTÓRICAS COMO MEIO DE PROMOVER UMA APRENDIZAGEM ACTIVA DE FÍSICA E DE QUÍMICA[1]

Maria Elisa Maia, Isabel Serra
Centro Interdisciplinar de Ciência, Tecnologia e Sociedade da Universidade de Lisboa
Instituto Rocha Cabral, Lisboa, Portugal
elisamaia@netcabo.pt

As reformas curriculares recentes em diversos países preconizam a introdução de tópicos de História das Ciências no Ensino Secundário. Uma forma de introduzir a História das Ciências que pode ajudar os alunos a compreender como a Ciência se foi construindo, implica que se apresentem não só informações sobre os factos históricos, mas também sobre os processos da Ciência, o que pode ser feito com o recurso a experiências históricas, reconstituídas a partir das referências originais. A realização de algumas dessas experiências em condições semelhantes às descritas originalmente pelos seus autores, acompanhada por uma discussão sobre os quadros conceptuais envolvidos e eventualmente modificados em consequência dos resultados dessas experiências, pode ter um grande valor educativo. Nesta comunicação referem-se, como exemplos, experiências relativas à descoberta da radioactividade, e a outras relativas a tópicos que antecederam essa descoberta, nomeadamente as descargas em gases e os raios X.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas os currículos do ensino básico e secundário sofreram frequentes alterações. Os conteúdos foram modificados, e foram propostas novas abordagens em diversos países. As abordagens designadas por CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) e CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) tornaram-se habituais em muitos currículos (1). Estas novas abordagens salientam a importância da contextualização dos conceitos científicos, considerando aspectos de tecnologia e sociedade e integrando temas do quotidiano e preocupações ambientais.

Embora menos frequentemente, a introdução de tópicos de História das Ciências aparece também recomendada em currículos do ensino secundário, tendo em mente fazer essa contextualização dos conteúdos em termos da evolução da Ciência e das suas interacções com a tecnologia e a sociedade (2). Propõe-se que essa abordagem seja utilizada de forma a desenvolver nos alunos uma visão alargada, não só do que a Ciência na verdade representa, mas também do processo de construção da própria Ciência. Considera-se importante o ensino/aprendizagem não só de Ciência, dos seus conteúdos, mas também sobre Ciência e a sua natureza, sobre os seus processos e

---

[1] Se ha mantenido este trabajo en lengua portuguesa, por entender que es fácilmente comprensible para el lector en español con conocimientos del tema.

evolução, de modo a facilitar aos alunos a compreensão de como a Ciência se foi construindo (3), embora esse objectivo nem sempre seja alcançado (4).

Verifica-se, no entanto, que não existem muitos materiais didácticos, nomeadamente manuais escolares, que mostrem uma visão da História das Ciência que não seja uma mera colecção de factos, mais ou menos isolados, uns dos outros e do contexto histórico em que se enquadram, mas que outrossim, apresentem a Ciência como um processo de construção de conhecimento (5,6). E nesses materiais só muito raramente se poderão encontrar resultados de trabalhos de investigação em História das Ciências. Mas para construir materiais didácticos como os que referimos e que possam ser utilizados por professores em sala de aula tem que haver colaboração entre historiadores de Ciência e professores envolvidos em desenvolvimento curricular, o que não tem sido muito habitual (7, 8).

2. RECONSTITUIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS HISTÓRICAS

A reconstituição de experiências históricas tem vindo a ganhar popularidade como área de investigação em História das Ciências, nomeadamente em Física e em Ciências Naturais, havendo alguns grupos de investigação, como na Universidade de Oldenburgo, que têm produzido trabalhos de reconstituição extremamente meticulosos, com base nas publicações originais dos cientistas que as realizaram (9). Nessas reconstituições são utilizados, sempre que possível, equipamentos originais, ou semelhantes, da mesma época. Quando tal não se consegue, são manufacturados equipamentos idênticos, cumprindo à risca as especificações originais. Seguidamente são seguidos os processos descritos originalmente e confrontados os resultados obtidos. Por vezes também são comparados com os resultados obtidos usando equipamento mais moderno e sofisticado (10,11). Obviamente, um trabalho com estas características envolve, em primeiro lugar, uma pesquisa bibliográfica aturada e uma interpretação muito cuidadosa do texto original, em geral tanto mais difícil quanto mais antigo ele for. Basta lembrar que houve modificações significativas na terminologia utilizada, nomeadamente no que se refere a grandezas, unidades ou peças de equipamento. Também as definições de conceitos, para já não falar dos quadros conceptuais, foram mudando no tempo, assim como os recursos disponíveis em termos de materiais, reagentes químicos, fontes de alimentação ou outros equipamentos.

Para além de tudo isto, a possibilidade de dispor de equipamentos originais ou da mesma época e em tudo semelhantes aos originais, como acontece em alguns museus de Ciência, não sendo uma condição indispensável, torna o processo mais expedito. Caso não se disponha desse equipamento há necessidade de recorrer a técnicos qualificados que o manufacturem, o que implica habitualmente custos elevados. Só assim pode haver alguma confiança em que os dados obtidos possam ser confrontados com os dados originais, levando depois a discussões de fundo em termos de História das Ciências.

É ainda fundamental não esquecer que as normas de segurança em laboratórios eram praticamente inexistentes até há menos de cinquenta anos (12), pelo que os riscos das experiências a reconstituir devem ser sempre cuidadosamente avaliados e minimizados.

De tudo o que ficou dito se pode concluir que a reconstituição fidedigna de experiências históricas não é um processo fácil, nem pouco dispendioso, ao dispor de qualquer professor que se interesse pelo tema.

3. UTILIZAÇÃO DIDÁCTICA DE EXPERIÊNCIAS HISTÓRICAS

A reconstituição de experiências históricas com finalidades didácticas está, porém, sujeita a critérios diferentes. Os objectivos da realização destas experiências em sala de aula são distintos dos que se pretendem atingir em História das Ciências. Não está em causa a reconstituição exacta do que foi relatado originalmente, com o objectivo de verificar em pormenor a experiência em questão, podendo os seus resultados ser comparados com os descritos pelos seus autores. O objectivo principal é agora o de apresentar experiências que, de uma forma ou outra, constituem marcos históricos na evolução da Ciência, ajudando os alunos a compreender melhor a evolução das ideias subjacentes a essas experiências (13, 14).

Assim, para efeitos didácticos, podem reconstituir-se com menos minúcia diversas experiências que podem ser utilizadas pelos professores, em demonstração, ao vivo ou em vídeo, ou mesmo pelos alunos no laboratório, depois de adaptadas. No entanto, mesmo assim, a reconstituição deve ser o mais fiel possível, traduzindo da melhor forma a ideia original dos seus autores. Não é agora indispensável que o equipamento seja igual ao originalmente utilizado. Na realidade raras vezes o poderá ser. O que é indispensável é que a realização da experiência seja acompanhada por uma discussão dos conceitos envolvidos e da eventual mudança de paradigmas que foi produzida por essa experiência.

Note-se que em manuais escolares do ensino secundário do século XIX e princípios do século XX muitas das experiências propostas, ou apenas descritas, correspondiam a uma reconstituição, mais ou menos fiel, de experiências originais. Por esse motivo, algumas das escolas secundárias estavam equipadas para a realização dessas experiências, eventualmente sob a forma de demonstração pelo professor.

À medida que as experiências foram caindo em desuso, sendo substituídas por outras consideradas mais modernas, os equipamentos existentes foram deixando de ser utilizados, sendo guardados ou mais frequentemente “arrumados para um canto” onde não incomodassem, ou mesmo, no pior das hipóteses, deitados fora.

Mesmo assim, muitas peças sobreviveram em condições relativamente aceitáveis e actualmente assiste-se a um movimento no sentido de revalorizar esse equipamento considerado património científico. Isso passa por apresentar os equipamentos em vitrinas ou mesmo por serem constituídos pequenos museus nas escolas. Raras vezes, porém, o destino dessas peças é o de “voltar à vida”, sendo utilizadas de novo na reconstituição de experiência há muito adormecidas (6). Mas, se isso for feito, traz um

toque de autenticidade ao trabalho que propomos. Com isto queremos dizer que, com os devidos cuidados, o material pode de novo ser utilizado (nomeadamente em demonstrações) para apresentar experiências antigas, mostrando aos alunos a evolução da Ciência.

Novamente se chama a atenção para as questões de segurança. Segurança para o equipamento antigo que é imperioso não deixar deteriorar, e segurança para as pessoas, alunos e professores envolvidos no processo. Saliente-se que só recentemente as preocupações com a segurança aparecem na ordem do dia na maioria dos laboratórios (15, 16). As normas de segurança, mais exigentes em laboratórios de Química, nem por isso devem deixar de ser seguidas em laboratórios de Física. E o facto é que essas preocupações não existiam, ou pelo menos não eram referidas nas publicações originais, nem nos antigos manuais escolares que as apresentam.

Assim, qualquer experiência a ser realizada com alunos, mesmo em demonstração, tem que ser sujeita a um cuidadoso escrutínio pelos professores, a fim de evitar situações potencialmente perigosas, que não eram habitualmente tidas em conta noutras épocas.

4. EXPERIÊNCIAS PROPOSTAS

Ao longo de trabalho de acompanhamento de estágios de formação de professores em escolas secundárias pudemos observar directamente as situações anteriormente referidas, relativamente a material antigo de laboratório. Isso levou-nos já à construção de uma base de dados que se pretende estender a nível nacional em Portugal, numa tentativa de sensibilização dos professores/conselhos directivos para o património científico existente nas escolas e em risco de se perder (17).

De entre o material que encontrámos em diversas escolas figuram ampolas para descargas em gases, de vários tipos. Este foi um tópico favorito para demonstrações, pela sua simplicidade de execução e pelos aspectos espectaculares que apresentavam. Esse facto levou a que decidíssemos construir um conjunto de materiais didácticos, que sob a forma de trabalho de projecto, que ilustrasse o percurso histórico que vai desde a aplicação da electricidade nos tubos de descarga até à radioactividade.

As actividades experimentais propostas iniciam-se com a apresentação, em demonstração, de experiências de descargas que podem ser realizadas em sala de aula pelo professor. A esta apresentação segue-se a discussão dos conceitos envolvidos, e da sua evolução. Podem também estudar-se as inovações técnicas e o seu papel no progresso da ciência. No caso de haver dificuldades na realização prática das demonstrações, pode usar-se um vídeo preparado para esse fim.

Note-se que neste projecto a maioria das experiências planeadas não se adequa a uma manipulação por alunos, dados os factores de segurança inerentes. No entanto, os alunos podem ser envolvidos no projecto, quer através de actividades de pesquisa ou de tomada de decisão, quer através de simulações em computador, variando as condições de descarga, por exemplo. Estas simulações permitem aos alunos desenvolver competências relacionadas com aspectos de controlo de variáveis.

No percurso histórico das descargas em gases segue-se a descoberta dos Raios X, de que existe muita documentação na *Internet*, pelo que se pode sugerir aos alunos uma pesquisa orientada. A análise do texto da comunicação de Roentgen em 1895 (18) e dos ecos que essa comunicação teve na comunidade científica e até no público, são de grande interesse didáctico.

Uma outra descoberta fundamental que se segue neste período tão rico da História das Ciências é a da radioactividade, por Henri Becquerel. Neste caso, o estudo do texto da comunicação por ele apresentada à Academia das Ciências Sueca, permite planear a reconstituição da experiência que pode, eventualmente ser tentada, dependendo das condições existentes (19). A discussão da situação em que a descoberta ocorreu pode levantar questões como as do papel do acaso (ou não) em investigação científica.

Ainda como consequência do trabalho nas descargas em gases rarefeitos tem-se a descoberta dos raios catódicos (20) e posteriormente a descoberta por Thomson que os raios catódicos são constituídos por corpúsculos electrizados, mais tarde chamados electrões (21). A discussão, com os alunos, desta descoberta que vem em apoio da teoria corpuscular da matéria vem servir de ponto de partida para uma nova forma de apresentar a teoria atómica e os modelos de átomo que tanta importância têm também no estudo da Química.

Tem interesse referir que estes cientistas, bem como vários outros envolvidos no estudo da radioactividade foram galardoados com o Prémio Nobel e no site da Fundação Nobel (http://nobelprize.org/) podem obter-se os textos das chamadas "Conferências Nobel", proferidas por eles quando receberam o prémio (Roentgen não apresentou conferência).

A consulta sistemática deste site dá informações fidedignas muito valiosas, pois além dos textos originais das conferências, inclui também as biografias e os discursos de apresentação dos galardoados em que são apresentadas as justificações para o prémio. Para além disso há ainda a indicação de vários links interessantes que permitem uma exploração didáctica muito frutuosa.

5. COMENTÁRIO FINAL

No projecto apresentado, dá-se particular ênfase a aspectos experimentais, mesmo quando as experiências não podem ser realizadas em sala de aula. Para obviar a esse problema, está programada a preparação de vídeos com essas experiências.

No entanto, mesmo sem esses vídeos, podem ser realizadas com os alunos diversas actividades que foquem o percurso do desenvolvimento dos conhecimentos científicos desde a simples realização de uma descarga eléctrica num tubo contendo um gás rarefeito até à teoria atómica.

REFERÊNCIAS

1. R. F. Price, R. T. Cross, *Int. J. Sci. Educ.*, **1995**, Vol. 17 (3), 285.

2. M. Mathews, *Science & Education*, **1992**, Vol. 1, 11.
3. J. L. Rudolph, *J. Curriculum Studies,* **2000**, Vol. 32,403.
4. D. Hodson, *Curriculum Studies*, **1998**, Vol. 6 (2), 191.
5. M. Shortland, Warwick, Eds.*Teaching the History of Science*, Blackwell, Oxford, (1989).
6. M. G. Cruz, *O Instrumento: Do Material ao Laboratório*, Tese de Mestrado, Universidade de Lisboa (2004).
7. Conant, J.B., *Harvard Case Histories in Experimental Sciences*, Harvard University Press, USA (1970).
8. S. Borman, *C&EN*, **1990**, Agosto 6.
9. C. Sichau, *Int. Zeitschrift für Geschichte und Ethik der Naturwissenschaften, Technik und Medizin*, **2000**, Vol. 8 (4), 222.
10. J. Güémez, C. Fiolhais, M. Fiolhais, **2002**, *The Physics Teacher,* Vol. 40, 26.
11. J Güémez, C. Fiolhais, M. Fiolhais, **2002,** *Eur. J. Phys.* Vol. 23, 83.
12. E. Maia e N. Quadrio, *Safety regulations in chemistry laboratories, in schools and universities – past and present*. In I. Malaquias, E. Homburg, E. Callapez (eds.) Proceedings of the 5th International Conference on History of Chemistry: Chemistry, Technology and Society, Lisboa, Sociedade Portuguesa de Química, pp 617-626 (2006).
13. D. M. Siegel, *Demonstration Experiments: Beyond the Talking Head*, artigo disponível no endereço da History of Science Society, http://www.hssonline.org/teach_res/mf_teach_research.html.
14. D. Allchin *et al,* **1999**, *Science and Education*, Vol. 8, 619.
15. N. Quadrio, *Segurança em Laboratórios Escolares – do Passado ao Presente,* Tese de Mestrado, Universidade de Lisboa (2006).
16. David Knight, *Then…and now* (2001), artigo cedido pelo autor.
17. E. Maia, R. Pestana, *A data base of ancient laboratory material of chemistry and physics existing in old schools and in the Science Museum of the University of Lisbon*, in I. Malaquias, E. Homburg, M. E. Callapez (eds.) - Proceedings of the 5th International Conference on History of Chemistry: Chemistry, Technology and Society. Lisboa, Sociedade Portuguesa de Química, pp. 643-646 (2006).
18. W. C. Roentgen, *On a new kind of rays*, **1896**, *Nature*, Vol. 53, 274.
19. A. Becquerel, *On radioactivity, a new property of matter*, Nobel Lecture 1903, http://nobelprize.org/.
20. P. von Lenard, *On cathode rays*, Nobel Lecture, 1906, *Ibid.*
21. J. J. Thomson, *Carriers of negative electricity,* Nobel Lecture, 1906, *Ibid.*

INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA INDUSTRIAL, IMPACTO AMBIENTAL; UNA ASIGNATURA OPTATIVA DE EDUCACIÓN SECUNDARIA INNOVADORA: OTRA MANERA DE ENSEÑAR QUÍMICA

Olga Valiente Francés, Joaquina Melero Gracia
CPR de Andorra y IES Damián Forment de Alcorisa (Teruel)
ovaliente@educa.aragon.es

La asignatura de "Introducción a la Química Industrial: Impacto Ambiental", se imparte desde el año 1995 en el IES de Teruel como materia optativa en 4º de ESO. Los contenidos que se estudian conectan al alumno con el mundo real y la vida cotidiana. El éxito ha sido, sin lugar a dudas, su diseño curricular y su metodología práctica y amena, como las prácticas de laboratorio, las visitas a empresas, los trabajos de investigación y la elaboración de productos que se muestran en la "Tienda Ecológica": velas, perfumes, jabón de tajo y de tocador, sales de baño, geles, cremas hidratantes, lociones, cremas para el calzado, detergentes, limpia cristales, cera para mueble, prendas teñidas con los tintes vegetales, aceite, vino, conservas, papel reciclado, etc.

1. INTRODUCCIÓN

IQI son las siglas de *"Introducción a la Química Industrial: Impacto ambiental "*, una asignatura optativa que diseñamos para 4º de ESO en enero de 1995. Tras darla a conocer a nuestros compañeros del Departamento de Física y Química del IES "Pablo Serrano" de Andorra (Teruel), decidimos solicitar la autorización necesaria para poderla impartir en nuestro Centro.

La propuesta fue aprobada por la Dirección Provincial de Educación de Teruel y desde el curso 1995-96 se viene impartiendo en el IES "Pablo Serrano" de Andorra dentro del Departamento de Física y Química y desde el año 98/99 se imparte también en el IES Damián Forment de Alcorisa (Teruel).

Su evolución a lo largo de estos años ha sido muy positiva, y se observa un creciente y después mantenido interés manifestado por el alumnado.

En todo este tiempo hemos ido confeccionando un archivo con la documentación más interesante y útil que hemos encontrado. Tanto es así que nos hemos decidido a publicar nuestro trabajo con la idea de darlo a conocer y, si es posible, para que sirva de apoyo al profesorado interesado en estos temas. Hasta la fecha hemos publicado estos materiales:

- *Taller de alimentación y consumo* (Cuaderno y libro del profesor para Educación Secundaria) en 2002.
- *El aceite del bajo Aragón, taller de elaboración, consumo y reciclado* (Cuaderno y libro del profesor para secundaria y cuaderno y libro del profesor para Educación Primaria) en 2005.

Nuestro objetivo ha sido dar la visión de cómo la Química está presente en nuestra vida cotidiana, y ver su aplicación práctica e inmediata sin más que observar nuestra forma de vivir, comer, lavar, vestir etc.

Estamos convencidas de que el alumno debe tener una visión de todas estas cosas; eso fue lo que nos motivó a preparar esta asignatura como optativa, ya que no es tema de estudio en ninguna otra materia, área o Departamento

Hemos visto a lo largo de nuestra experiencia docente, cómo nuestros alumnos aprenden a formular compuestos químicos, ajustan reacciones, manejan términos químicos, pero sinceramente nos quedamos a mitad del camino, ya que son conceptos que aprenden, pero que no los integran en su vida cotidiana. Esperamos animar a otros compañeros de Educación Secundaria para que repitan esta experiencia.

El éxito de esta materia ha sido sin lugar a dudas su diseño curricular y su metodología. Los contenidos que se estudian son muy amenos y variados. Además, conecta al alumno con el mundo real, es decir los temas que ellos trabajan les informan de todo lo que rodea a productos que cada día consumen, o compran o utilizan. Por tanto existe una conexión con su entorno, y con su modo de vida cotidiano.

Quién no se ha preguntado alguna vez, y esto, *¿cómo lo habrán hecho*? Pues bien nosotras les mostramos los procesos de fabricación de diferentes productos, pero no sólo la forma industrial, sino también la forma artesanal, de manera que son los propios alumnos los que, bien en su casa, bien en el laboratorio del Centro, elaboran muchos de los productos estudiados como: *jabones de tocador, cremas, tónicos, perfumes, aceites esenciales, tintes vegetales, conservas alimenticias, aceite, pan, vino, vinagre, derivados lácteos: queso, requesón, cuajada, yogurt, kéfir, etc.*

Muchos de estos productos, se exponen dentro de la Semana de la Ciencia que se celebra en nuestros Centros.

Estas actividades se completan con visitas a las industrias correspondientes. Intentamos elegirlas según los contenidos que vamos estudiando. Así pues, cuando estudiamos los productos lácteos, visitamos una quesería, si es el vino, entonces nos vamos a una Bodega y al museo del vino, si le toca al aceite, entonces elegimos la Almazara, e intentamos visitar siempre que nos es posible las industrias más cercanas a nuestra localidad, ya que muchas veces son desconocidas por el alumnado, y nos sirven de igual modo para conseguir nuestro objetivo: dar a conocer a nuestros chicos y chicas, los métodos de fabricación industriales más actuales y que los comprueben en persona.

Algunas de las visitas programadas a lo largo de estos años han sido a *Industrias Cárnicas, Hornos, Queserías, Cervecerías, Bodegas, Almazaras, Papeleras, Fábricas de vidrio, Fábricas de cerámica, Taller de confección industrial, Cuchillería, Vertederos, etc.*

Buscamos el carácter práctico y útil, intentando que nuestros alumnos lleguen a ser personas formadas e informadas, no sólo en lo que respecta a la elaboración y

fabricación de diferentes productos, sino a todo lo referente al etiquetado, envasado, manipulación, aditivos, composición, impacto ambiental coste energético.

Hoy en día este tipo de información es básica y fundamental, y es desde el aula donde se debe de insistir en estos temas.

Se detecta la necesidad de formación en esta temática, ya que a pesar de ser muy interesante y útil, estos contenidos no vienen recogidos en el currículo oficial de nuestro sistema educativo de Educación Primaria o Secundaria.

2. OBJETIVOS

1.- Conocer la realidad industrial actual.

2.- Que el alumno se acerque al mundo laboral y aprenda los procesos básicos de la fabricación industrial.

3.- Dar una visión de la importancia de la Química en la vida cotidiana, y su implicación en la industria, que investigue sobre los productos de consumo normal: jabones, pinturas, perfumes, bebidas, alimentos precocinados, congelados, pesticidas, fibras etc.

4.- Que el alumno descubra la historia de esos productos, su elaboración y comercialización.

5.- Que el alumno respete el medio ambiente, y se conciencie de su gran deterioro, y la necesidad de renovarlo, y conservarlo. Que busque soluciones a los problemas de contaminación de aguas, tierras y atmósfera, aprenda a respetar su entorno, aunque valore las comodidades de la vida moderna.

6.- Que el alumno sea germen portador de estas ideas, se involucre en la problemática, la integre en su vida diaria y tenga una visión de la Química aplicada.

7.- Que el alumno se preocupe desde su vida diaria, su pueblo, su Centro de estudios, y de hacer todo lo posible por mantener y cuidar este planeta que tenemos, para que lo sigamos teniendo.

8.- Incorporar recursos de aula para resolver situaciones tales como: Informarse, consultar, contrastar, con la finalidad de conocer con mayor profundidad las características de los productos fabricados por las empresas y las industrias.

9.- Habituarse a leer las etiquetas de los productos para distinguir a primera vista las partes más importantes de las mismas y conocer el significado de los términos más usuales utilizados en el etiquetado.

10.- Valorar la utilidad de conservar correctamente los alimentos para la salud, el bienestar y la economía de todos.

11.- Mantener una actitud crítica ante las necesidades creadas a través de las técnicas estimulantes de consumo y sus efectos sobre el bienestar y la autonomía de las personas.

12.- Conocer los diferentes tipos de basura que genera una unidad familiar y utilizar técnicas y procedimientos de análisis de diferentes componentes de la basura.

3. CONTENIDOS

A. LA QUÍMICA EN LA INDUSTRIA

1. Introducción: Relación entre Química e Industria.
2. Repaso de conceptos químicos básicos:
   - Laboratorio: Materiales, normas de seguridad, etc.
   - Nomenclatura.
   - Mezclas. Procesos de separación.
   - Concentración.
   - Estequiometría.
   - Tipos de reacciones: Fermentación, combustión, oxidación y saponificación.
   - Introducción a la Química Orgánica.
   - Concepto ácido-base. Indicadores. Neutralización.
3. Industrias químicas de base:
   - Refino del petróleo.
4. Industrias químicas de transformación:
   4.1. Industria alimenticia:
   - Manipulación de alimentos.
   - Métodos de conservación de los alimentos.
   - Estudio y análisis de aditivos.
   - Elaboración de productos alimenticios.
   - Bebidas: vinos, cavas, licores, cerveza y refrescos.
   - Aceite.
   - Bollería: pan, bizcocho, *donuts*, tortas, y *pizza*.
   - Cárnicas: salchichas, jamón, hamburguesas y embutidos.
   - Lácteos: queso, yogur, *kéfir*, requesón, y cuajada.

   4.2. Industria de pesticidas y abonos.
   4.3. Fabricación de pinturas, colorantes y tintes.
   4.4. Fabricación de productos de limpieza: Jabón, detergente, y lejía. Alternativas naturales.
   4.5. Industria perfumera y cosmética: Fabricación de jabón de tocador, leche limpiadora, tónicos, sales de baño y lápiz de labios. Extracción de los aceites esenciales de distintas plantas por destilación con arrastre de vapor. Elaboración de perfumes y aguas de colonia.
   4.6. Obtención de medicamentos.
   4.7. Industria textil: fabricación de fibras sintéticas.
   4.8. Industria de materiales: vidrio, cerámica, papel y plásticos.
   4.9. Química de los explosivos: pólvora, nitroglicerina y bengalas.
5. La industria química española en la actualidad.

B. IMPACTO AMBIENTAL

1. Introducción.

2. Tratamiento de residuos sólidos, líquidos y gaseosos.
    2.1. Incineración, combustión, pirolisis, licuefacción.
    2.2. Recogida, transporte y eliminación de basuras.
    2.3. Problemática de vertidos.
    2.4. Reciclaje de papel y vidrio.
3. Contaminación de aguas.
    3.1. Vertidos.
    3.2. Impacto ambiental.
    3.3. Legislación española y comunitaria al respecto.
4. - Contaminación de tierras.
    4.1. Accidentes en oleoductos.
    4.2. Abonos y pesticidas.
    4.3. Vertidos.
    4.4. Legislación actual.
5. - Contaminación atmosférica.
    5.1. Efectos macroecológicos.
    5.2. Lluvia ácida.
    5.3. Efecto invernadero.
    5.4. Disminución de la capa de ozono.
    5.5. Efectos climáticos.

3. METODOLOGÍA

La dinámica de trabajo consiste en la realización de prácticas de laboratorio, visitas a industrias relacionadas con los temas de estudio y la elaboración de trabajos sobre dichas industrias. Los alumnos, en grupos pequeños, van elaborando sus informes buscando información de múltiples y variadas formas: escribiendo a entidades, entrevistando a personajes, realizando encuestas, consultando bibliografía, confeccionando sus pequeños videos, creando presentaciones multimedia, etc.

Debemos aclarar que no se han visitado todas estas industrias en un solo curso, sino a lo largo de todos estos años. También es verdad que algunas de ellas son ya un clásico y las venimos repitiendo cada año.

Como se observa, estas salidas se concentran en nuestra comarca y en nuestra Comunidad Autónoma, ya que creemos que debemos acercar al alumno la realidad de nuestro entorno, para que se vaya familiarizando con el mundo industrial y laboral, Además, solemos aprovechar el viaje para visitar varias empresas en el mismo día.

El laboratorio ha sido el lugar elegido para impartir las clases dado el carácter eminentemente práctico de la asignatura. Las prácticas realizadas son sencillas (ya que en 4º de ESO los conocimientos científicos del alumnado en general son muy básicos), pero muy llamativas y útiles, ya que tratamos de identificar por ejemplo dentro de la industria alimentaria y en los productos alimenticios: *hidratos de carbono, proteínas, vitamina C, almidón, colorantes artificiales, etc.*

Algunas de las actividades prácticas que se han llevado a cabo a lo largo de estos años han sido:

- Elaboración del aceite: aceite aromático y aceite de romero.
- Elaboración del vino y del vinagre.
- Detección y diferenciación entre el aceite puro y refinado.
- Averiguar si el origen del colorante de un vino y de un refresco de naranja es natural o artificial.
- Determinación del almidón en el jamón de York y en el arroz.
- Identificación de la Vitamina C en las frutas.
- Extracción de la caseína de la leche. Fabricación de plástico.
- Elaboración de cuajada, yogur y kéfir.
- Elaboración de queso de cabra, requesón.
- Elaboración de productos de bollería y panadería: pan, tortas, magdalenas, bizcochos,...
- Cata de diferentes tipos de quesos, analizando las características (origen, sabor, etc.).
- Degustación de los distintos productos de bollería elaborados por los alumnos en sus casas.
- Fabricación de conservas, utilización de los diferentes métodos de conservación de los alimentos.
- Fabricación de productos de cosmética y perfumería: cremas nutritivas, bronceadores, lápiz de labios, jabón de tocador, cacaos, aceites, tónicos, perfumes.
- Fabricación de productos de limpieza: lejía, detergente, jabón de tajo, limpiacristales, crema para el calzado, crema para muebles, etc.
- Elaboración de tintes y colorantes vegetales.
- Teñido de prendas con los pigmentos obtenidos.
- Fabricación de papel reciclado
- Diseño y construcción de objetos con materiales de deshecho (cartón, envases de plástico,...)
- Elaboración de diferentes indicadores.
- Detección de ácidos y bases en casa.
- Medida del pH.

Otras de las actividades que más les ha gustado han sido la elaboración de productos alimenticios de repostería o lácteos..., y luego degustarlos en clase.

Se han realizado exposiciones con los productos elaborados por los alumnos. La participación de estos alumnos en las doce ediciones de la Semana de la Ciencia, es determinante, siendo los "responsables" de la Exposición "*La Tienda Ecológica*"; en ella presentan una muestra de productos elaborados por los alumnos:

- *Botes de diferentes conservas alimenticias.*
- *Productos de cosmética: perfumes, jabón de tocador, sales de baño, geles, cremas hidratantes y lociones.*
- *Productos de limpieza: cremas para el calzado, jabón de tajo, detergentes, limpia cristales y cera para muebles.*

- Prendas teñidas con los tintes vegetales que previamente habían elaborado los alumnos.

Desde el curso pasado hemos decidido poner a la venta estos productos con el objetivo de poder financiar un pequeño viaje de estudios. Los alumnos se vuelcan en esta actividad y la aceptación por parte del profesorado, padres y alumnos de otros cursos nos ha sorprendido, de manera que últimamente hasta llegan encargos de particulares y, con el dinero obtenido, se realiza una excursión al final del curso.

Se les plantea a los alumnos pequeños trabajos de investigación, donde deben recoger información sobre los métodos y recetas de elaboración de alguno de estos productos, así podemos recuperar distintos métodos tradicionales, y casi siempre artesanos, utilizados en sus familias y en sus pueblos. Con todos ellos estamos confeccionando un archivo muy importante.

También se han utilizado recortes de prensa relacionados con cada uno de los temas abordados, que han servido de base para la elaboración de trabajos, y debates. Además, se está confeccionando un archivo de recetas.



Figura 1. Aspecto de la "Tienda Ecológica", donde los alumnos muestran los productos elaborados por ellos mismos.

4. EVALUACIÓN

El proceso de evaluación consiste esencialmente en:

- Observación del trabajo en el aula, su participación en los diálogos de grupo, las exposiciones como portavoz del mismo, las aportaciones individuales, el respeto a las aportaciones de los compañeros y la recogida de todo ello en el cuaderno.
- Realización correcta del cuaderno de la asignatura, en el que deberán recogerse todas las actividades y discusiones realizadas en el aula y en el laboratorio. Todos los trabajos deberán estar corregidos y correctamente presentados. El control del cuaderno se realizará todas las veces que sea posible a lo largo de la evaluación.

- Las prácticas serán valoradas en las siguientes vertientes: actitud hacia los medios materiales, respeto de las normas de uso y seguridad, realización de la práctica o participación en la misma en caso de ser grupal, y recogida en el cuaderno de las prácticas.

- Realización de resúmenes, comentarios y/o cuestionarios sobre los textos científicos, videos o cualquier otro medio audiovisual que se les presente, en los que tendrá que demostrar el grado de comprensión y asimilación de los contenidos.

- Exposiciones orales de actividades realizadas en cualquiera de los ámbitos citados. Se tendrá en cuenta la personalidad de cada individuo al tiempo que los conocimientos y actitudes de demuestre.

- Pruebas escritas: se realizarán al menos una al final de cada tema. En ellas se pretenderá medir tanto el nivel de conocimientos como de expresión escrita, razonamiento y de utilización de los medios para comunicar conceptos, valorándose los gráficos, esquemas, tablas o diagramas que puedan clarificar los mismos.

5. VALORACIÓN DE LA EXPERIENCIA

Cuando diseñamos esta asignatura, estaban claramente definidos cuáles eran los objetivos que se pretendía conseguir y humildemente en su mayoría se han conseguido.

Nos anima el hecho de que ya algún otro centro de la provincia de Zaragoza ha incluido esta materia entre las materias optativas en el programa de Diversificación. Servir de referente para otras experiencias nos motiva para seguir adelante. Los alumnos han valorado esta experiencia de forma muy positiva y eso se hace patente el número de matriculados en la asignatura.

Para terminar, cabe indicar que la valoración global es muy positiva, dejando atrás las dificultades de los comienzos, sin material, innovando, investigando día a día y poniendo en práctica una metodología diferente que lleva consigo el esfuerzo constante del profesorado. Queremos destacar:

1- La participación del alumnado. Así el número de alumnos matriculados en esta asignatura optativa creció y luego se ha ido manteniendo.

2- La implicación y colaboración de los alumnos en todas las tareas prácticas. Es más si en algún momento ha hecho falta ir por la tarde o utilizar los recreos para terminar alguna tarea, los alumnos, voluntariamente han estado allí.

3- La motivación del alumnado, ya que al elaborar ellos mismos productos de consumo cotidiano ponen en práctica los contenidos aprendidos, contactan con el mundo laboral y descubren los aspectos negativos de la industrialización. Buscan alternativas para conservar nuestro medio ambiente y, sobre todo, se asoman al mundo real, tan lejano en muchas ocasiones del mundo escolar.

Animamos desde aquí, a otros compañeros de Educación Secundaria a repetir esta experiencia, seguro que les permite transmitir la magia de la Química y tener unos alumnos dispuestos a descubrirla.

EL TEATRO DE LA CIENCIA

Mª. Araceli Calvo Pascual
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación
Universidad Complutense. 28040 Madrid
macp@quimicosmadrid.org

Se pretende mostrar una experiencia química con una importante dosis teatral que resulta muy motivadora para los alumnos/as y que les hace interrogarse sobre diversos aspectos científicos y su aplicación fuera del aula.

1. INTRODUCCIÓN

Esta experiencia se ha aplicado durante bastantes años a alumnos/as de Física y Química de 3º ESO, a lo largo de los cuales se ha ido evaluando y reestructurando, para intentar abarcar un mayor número de objetivos.

Su realización es muy sencilla y su utilidad está comprobada, considerando por ello que quizás sea interesante su divulgación.

Pretende cubrir los siguientes objetivos:

- Motivar a todo el alumnado sobre la importancia de adquirir y aplicar unos conocimientos científicos.
- Aplicar un método de trabajo científico.
- Distinguir la Ciencia de la *pseudociencia*.
- Recordar por sí mismos la diferencia entre reacción física y química.
- Reforzar la diferencia entre disolución y dilución.
- Comprobar experimentalmente el concepto de precipitado.
- Identificar los productos de reacciones químicas desconocidas para los alumnos/as a partir de sus conocimientos anteriores.
- Aumentar su capacidad crítica.
- Ser punto de partida de posibles debates sobre el poder de los medios de comunicación, las dietas milagro, los curanderos, la diferencia entre Alquimia y Química,…

2. DESARROLLO

La experiencia se realiza el primer día en el que se comienza a desarrollar el programa, es decir, después de haber presentado a los alumnos/as los objetivos, la secuenciación de los contenidos y los criterios de evaluación y calificación de la asignatura.

El gran potencial de la actividad se comprueba en el aula, con los alumnos/as como miembros activos de su desarrollo y con el profesor ejerciendo de actor, por ello intentará explicarse narrando la situación.

Siéntanse espectadores en sus butacas. La ¿función? va a comenzar:

La profesora entra en la clase. Lleva su bata, que se pone cuando se realizan las prácticas en el laboratorio o cuando hace alguna experiencia de cátedra en el aula. Lleva en sus manos una bandeja con una gradilla con tubos de ensayo.

Da los buenos días y deja la bandeja en su mesa. Nota que se hace un silencio especial, ese maravilloso silencio que se crea cuando casi treinta adolescentes están emocionados con lo que va a hacer o decir, y que hace que esta profesión todavía merezca la pena.

Coge un tubo de ensayo, con un líquido transparente e incoloro.

- "Bueno, esto ¿qué es?", pregunta la profesora con un tono con el que da por supuesto lo que inmediatamente van a decir los alumnos/as, tono que hace que la mayoría conteste sin dudarlo: "agua".

- "Quiero un voluntario/a", dice a continuación la profesora. Ve cómo levantan la mano la mayor parte de los alumnos/as, y elige a uno de los que obtienen mejores resultados académicos, que sale orgulloso.

- "Ponte los guantes. Tienes que echar, con cuidado, un poco de esta sustancia en este tubo de ensayo". Le da un tubo vacío y el tubo que contiene el líquido incoloro.

El alumno echa la sustancia.

- "Y ahora tienes que echar un poco del contenido de este tubo (le da otro tubo, que tiene también un líquido transparente e incoloro) en el anterior, pero eso sí, concentrándote mucho o no saldrá bien la práctica". Estas últimas palabras las acentúa, poniéndose muy seria. Para facilitar la concentración del alumno pide que haya un silencio absoluto.

Observar la cara de los alumnos/as en este momento permite comprobar que unos cuantos guardan silencio sin más (los menos), y los demás (la mayoría) se muestran confusos: inicialmente sonríen nerviosamente, pero acto seguido guardan silencio.

El alumno que tiene los dos tubos en la mano empieza a sentirse nervioso y los mezcla con un cierto temblor de manos e intentando poner una expresión de concentración absoluta.

- "No ha pasado nada", dice el alumno desilusionado.

- "Claro, porque no te has concentrado lo suficiente. Te lo dije. Quítate los guantes y vuelve a tu sitio". Dice la profesora secamente.

El alumno intenta sonreír pero no puede disimular que se siente decepcionado porque no ha sabido hacer la práctica.

- "Necesito un voluntario/a que de verdad pueda concentrarse".

De nuevo los alumnos/as levantan las manos (hay unos cuantos que ya no la levantan, curiosamente los que mejores notas tienen) y la profesora elige a un alumno de los más problemáticos y de los que peores resultados académicos obtienen.

Le da un primer tubo de ensayo y le dice que eche un poco de la sustancia en un tubo vacío, a continuación le da otro tubo y le dice que mezcle un poco de esta sustancia con la anterior pero concentrándose. El alumno hace la mezcla y aparece instantáneamente una mezcla opaca de color blanco.

La profesora coge el tubo, felicita al alumno - que está orgulloso- por haberlo hecho bien y pasa el tubo de ensayo al resto de los alumnos/as para que lo observen.

- "¿Qué ha pasado desde que entré en la clase?", pregunta, y sin dar por el momento ningún tipo de contestación escucha las opiniones de los alumnos/as (la mayoría quiere opinar, incluso los que participan menos en la clase).

- "Que el líquido no era agua".
- "Que José lo hizo más despacio que Andrés y por eso le salió".
- "Que no les diste los mismos tubos a los dos".
- "Que a José le diste un tubo con más cantidad de sustancia que el que le diste a Andrés y por eso se veía la reacción y en el primer caso no"
- "Que los tubos tenían sustancias distintas" (en realidad lo que suelen decir es "cosas distintas"… ¡cómo les gusta esta palabra y qué utilidad le sacan!).

Son algunas de las opiniones que suelen oírse, y que demuestran que los alumnos/as están siendo miembros activos de esta experiencia y del aprendizaje que de ella se deriva.

Cuando ya no hay más opiniones la profesora empieza a hablar:

- "Efectivamente el primer tubo que os enseñé no era agua, mi tono de voz os hizo creer que debía ser una sustancia que identificaseis rápidamente. En el acto observasteis y emitisteis una hipótesis, pero sin experimentar la distéis por válida. Seguro que si os pregunto sin más las fases del método científico me las decís, pero no habéis tenido en cuenta lo que diferencia la ciencia de la pseudociencia ¿Qué tendríais que haber hecho?".

A partir de aquí los alumnos/as comprueban que efectivamente no han utilizado el método de trabajo adecuado, y se origina un debate en el que van diciendo qué podía ser la sustancia (alcohol, suero…) y cómo podrían haberlo comprobado (ante la respuesta "oliendo", la profesora pasa el tubo a todos los alumnos/as para que huelan de la manera correcta siguiendo las normas de seguridad, puesto que no saben de qué sustancia se trata). Otras respuestas que dan son relativas a poder hallar sus puntos de ebullición, su densidad… Todo esto permite el análisis posterior con los alumnos viendo la conveniencia o no de cada método.

La profesora continúa hablando: "efectivamente y, puesto que en la gradilla había varios tubos, mientras hablaba (para que no os dieseis cuenta) no le di los mismos tubos a vuestros dos compañeros".

"Os voy a decir qué había en cada tubo y vosotros me tenéis que decir qué le di a cada compañero. En realidad son tres tubos: uno contiene cloruro de potasio en disolución acuosa" [pregunta a los alumnos la fórmula de dicha sal, la escribe en la pizarra y les indica el significado de (aq)], "otro nitrato de plata" [les pregunta a los alumnos cómo se formula el catión plata y les indica cuál es la fórmula del nitrato (o trioxonitrato(V)] "y el tercero agua. ¿Qué tubo le di a cada uno?".

Los alumnos/a empiezan a dar ideas y la mayoría llega a ver que en un caso se llevó a cabo una reacción física (una dilución) y en el segundo caso una reacción química.

La profesora escribe las ecuaciones químicas correspondientes en la pizarra, ecuaciones que van diciendo los alumnos/as y recalca el concepto de dilución diferenciándolo del de disolución (es frecuente que los alumnos/as utilicen el concepto diluir cuando deben utilizar el de disolver).

Los propios alumnos/as, por los conocimientos que tienen del curso anterior sobre los iones y cómo se unen entre sí, son capaces de indicar los productos que se obtienen en la reacción química y cómo se formulan, entendiendo así cómo se produce. La profesora indica que es una reacción llamada de doble desplazamiento, pide a los alumnos la razón por la que tiene este nombre, y aclara cuál es el precipitado que se forma y cómo se representa en la ecuación química.

En la pizarra va por tanto escribiendo lo siguiente:

Tubo 1: KCl (aq)
Tubo 2: $AgNO_3$ (aq)
Tubo 3: H_2O

Reacciones físicas (diluciones): cualquiera de estas dos combinaciones:
tubos 1 + 3 ó tubos 2 + 3

Reacción química (reacción de doble desplazamiento): tubos 1 + 2:

KCl (aq) + $AgNO_3$ (aq)
$K^+ + Cl^- + Ag^+ + NO_3^-$
$KCl (aq) + AgNO_3 (aq) \rightarrow KNO_3 (aq) + AgCl (s)\downarrow$

La profesora hace un último comentario que permite reflexionar a los alumnos/as:

- "Reconoced que, siendo la profesora de Física y Química, estando en el contexto del aula, cuando os he dicho que salía bien sólo si os concentrabais, o bien os lo habéis creído desde el principio o lo habéis dudado, pero al final os lo habéis creído.

"¿Qué haréis entonces si esto lo hace alguien en un medio de comunicación diciendo que es un científico (o incluso que tiene poderes) y que determinada pastilla o ungüento es muy eficaz tomado de determinada manera o haciendo todo un ritual, para adelgazar o curar una enfermedad?"

"Puede que os lo vendan de tal manera que os lo creáis, y ésta es una de tantas ocasiones en las que se ve la utilidad de recibir una educación. Los conocimientos científicos hay que aplicarlos en la vida cotidiana, y harán que tengáis una capacidad crítica que permita que en muchas ocasiones no os engañen".

Los alumnos/as asienten con la cabeza emocionados. Es un buen momento para referirse a las dietas milagro, por el gran daño que este tipo de publicidad puede hacer en los adolescentes, a los curanderos, extender el debate al poder que los medios de comunicación y la publicidad tienen, o incluso hablar de la diferencia entre la Alquimia y la Química; temas que pueden continuarse en clases posteriores.

La experiencia ha calado en ellos, y se comprueba a lo largo del curso en otras situaciones, en las que toman como referencia lo que aquí se ha expuesto.

3. CONCLUSIONES

Como puede observarse esta experiencia requiere "echarle teatro", pero esto hace que además de poder motivar y facilitar un aprendizaje activo por parte de los alumnos/as, sepan ver toda la "charlatanería" que existe actualmente en torno a la Ciencia, que hace que lo que en absoluto es fruto de la investigación científica se venda como tal, y lo que es peor, venda más por ese motivo.

En definitiva, es positivo dar una clase de Ciencias haciendo teatro: motiva a los alumnos, sirve para que sean miembros activos del proceso enseñanza-aprendizaje, y dar la clase haciendo una obra de teatro "que tiene química" (¡empleemos una de las pocas frases cotidianas que aluden a la Química con una connotación positiva!) sirve también para que los alumnos/as se den cuenta que en muchas ocasiones se hace un teatro de la Ciencia, para intentar conseguir que lo que es sólo teatro sea considerado como realidad.

REFERENCIAS

1. G. Ontañón y E. Ontañón, *Ciencias de la Naturaleza. Física y Química 3º Educación Secundaria Obligatoria*, Ed. Bruño, Madrid (2000).
2. F. Monsó, F. Ortiz, M. Suárez (Ed.), *Física y Química 3º ESO, Ed. Edebé*, Barcelona (2002).

TALLERES EDUCATIVOS COMO HERRAMIENTA PARA EL FORTALECIMIENTO DEL VÍNCULO UNIVERSIDAD-COMUNIDAD-ALUMNOS

Diana González [a]***, Daniela Curvale*** [b]***, Alejandra Gallardo*** [c]***, Lucía Mezzano*** [d]

[a] Toxicológica y Química Legal, [b] Química Inorgánica
[c] Alumna de Biología Molecular, [d] Alumna de Bioquímica
Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia
Universidad Nacional de San Luis, 5700 Argentina
dgonza@unsl.edu.ar, curvale.daniela@gmail.com

En este trabajo presentamos un taller realizado como una actividad más dentro del proyecto de servicios denominado "El Laboratorio de Toxicología y Química Legal al Servicio de la Comunidad". El mismo tuvo por objetivo integrar a alumnos de diferentes disciplinas universitarias para el desarrollo de una actividad de extensión dentro del proyecto como un servicio de la Universidad Nacional de San Luis hacia la comunidad. De este modo, se pone énfasis en fortalecer el vínculo dialéctico entre Universidad-comunidad, cumpliendo con el propósito institucional de desarrollar programas de extensión y servicio tendentes a colaborar con la solución de problemáticas de la comunidad en la que se halla inserta.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las dificultades que enfrenta la Educación en general es la de contextualizar el conocimiento y transformarlo en saberes prácticos que guarden alguna relación con la vida cotidiana. Esta dificultad es un fiel reflejo de la problemática que enfrentan en general los organismos gubernamentales por un lado y la sociedad civil por el otro. La Universidad no es la excepción a la regla. Como institución productora de conocimientos debe proveer a la comunidad de saberes y estrategias que aporten soluciones a dificultades actuales concretas y brindar a los estudiantes de diferentes disciplinas una formación integral y ecológica en el contexto de las problemáticas sociales que atraviesa la práctica profesional. El presente taller esta orientado a disminuir esta brecha de comunicación y a generar una conciencia del manejo inteligente de productos cotidianos como son los *plaguicidas*, al tiempo que acerca a los alumnos a la realidad y al trabajo interdisciplinario en la comunidad y en la misma Universidad.

La formación de personas (niños-adolescentes y estudiantes universitarios) en estas premisas, promoverá a largo plazo la multiplicación de actitudes participativas de trabajo, de responsabilidad y compromiso. Además, los niños-adolescentes, son actores sociales tan válidos como adultos y en general, más libres de prejuicios, lo que facilita la incorporación de nuevas actitudes más saludables, mientras se convierten en promotores de éstas, para sus familias. Sin olvidar también que estos trabajos de

colaboración ayudan a ver desde otra óptica a las Ciencias, en particular la Química, a nivel pre-universitario promoviendo así el interés por ellas.

Los talleres basados en el método de la comprensión (1) serán la estrategia utilizada para la incorporación del conocimiento sobre: *"Usos, riesgos y alternativas de plaguicidas"*.

2. FUNDAMENTOS PARA LA ORGANIZACIÓN DE TALLERES ESCOLARES

Desde el año 2004, la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, a través de la Unidad de Investigación y Desarrollo Ambiental (UnIDA) comenzó a trabajar en el marco de la Comisión Nacional de Programas de Investigación Sanitaria del Ministerio de Salud de la Nación, priorizando temas y proyectos de investigación, seleccionando instituciones (ONGs y Universidades) con quienes ejecutar los proyectos, de acuerdo a pautas definidas conjuntamente y utilizando un criterio federal que permita abarcar la mayor cobertura geográfica posible dentro de cada estudio multicéntrico. Un tema priorizado en la agenda de Diciembre de 2005, para ser desarrollado durante el año 2006, fue el "Diagnóstico sobre el uso, manejo e impacto de plaguicidas de uso doméstico".

El objetivo general del proyecto mencionado fue obtener un diagnóstico general de situación respecto del uso y manejo de plaguicidas domésticos. Y dentro de los objetivos específicos se consideraron los siguientes puntos: Realizar el estudio de los pesticidas más utilizados en las viviendas, identificando su formulación y el criterio empleado para la compra; Identificar las circunstancias de aplicación; Recopilar datos sobre el grado de exposición de las personas; Conocer la variedad de productos que habitualmente se encuentran en el domicilio; su forma y lugar de almacenamiento, y el destino de los envases vacíos; Conocer la percepción que tienen las personas adultas sobre el peligro asociado con estos productos, Aumentar el nivel de información de la población acerca de esta problemática; Realizar un estudio del etiquetado y la comercialización de estos productos en ferreterías, supermercados y otros comercios; y, por último, Recopilar datos acerca de la existencia del expendio fraccionado y sus características.

El estudio fue coordinado, entre otros, por la Sociedad Argentina de Pediatría.

El uso de plaguicidas domésticos por parte de la población es generalizado y elevado. Los plaguicidas domisanitarios son la principal causa de intoxicación en la categoría pesticidas (91,5 % de los casos) (2) y cuando se habla de contaminación es frecuente pensar en el agua, el aire atmosférico o el suelo; sin embargo, pocas veces se tiene en cuenta que puede originarse dentro del propio hogar (3,4). Los estudios realizados en los últimos años demuestran que el contacto que las personas tienen en el interior de su vivienda con sustancias tóxicas es muy superior al que ocurre fuera de ella (5, 6).

Considerando los resultados obtenidos, en el mencionado estudio de 2006, se hizo evidente la necesidad de contar con herramientas o programas destinados a la difusión

de la problemática y de las alternativas posibles para minimizar la utilización de plaguicidas en ambientes residenciales, escuelas, centros de salud, etc.

De ese estudio surgieron las siguientes recomendaciones en base a los resultados hallados:

- Elaborar estrategias que fortalezcan el buen uso y manejo de estas sustancias reforzando la necesidad del desarrollo de actividades sustentables y de una gestión transparente y accesible de tratamiento de residuos peligrosos, que quede claro cómo hay que proceder y que esté al alcance del usuario el procedimiento. Se destacó puntualmente la necesidad de considerar los envases vacíos de plaguicidas o restos de producto o producto vencidos como un elemento dentro de los residuos peligrosos.
- Diseñar e implementar campañas masivas de sensibilización e información sobre la prevención y abordaje de la problemática de la proliferación de plagas en zonas urbanas.
- Desarrollar estrategias de capacitación destinada a todas las personas que habitualmente se encuentran vinculadas a la aplicación o manipulación de plaguicidas en las instituciones públicas (porteros, personal de intendencia, etc.).
- Desarrollar campañas de prevención de accidentes e intoxicaciones ocasionados por el uso indiscriminado y/o la manipulación inadecuada de productos plaguicidas en el hogar.
- Advertir sobre los riesgos de desconocer los criterios de aplicación de cada producto, del almacenamiento en lugares o recipientes no adecuados;
- Difundir prácticas de manipulación adecuadas; advertir sobre los riesgos de no asesorarse con profesionales idóneos; etc.
- Promover campañas educativas, desde la niñez, con contenidos referentes al impacto ambiental ocasionado por el uso de este tipo de productos.
- Contemplar en las instituciones escolares la necesidad de contar con un protocolo o manual que establezca claramente cómo proceder en caso de accidentes o derrames.
-Implementar campañas masivas de comunicación alertando a la población sobre los probables efectos perjudiciales sobre la salud de niños y embarazadas, debido al uso de plaguicidas en forma crónica y en bajas dosis.
- Incluir el tema de plaguicidas, salud y ambiente en la enseñanza de pre y postgrado en las carreras de Medicina, Enfermería y de Ciencias de la Salud, así como en otros ámbitos universitarios.

3. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES

Convocatoria de alumnos de la Universidad Nacional de San Luis:

Esta convocatoria se realizó a la luz del propósito institucional de sensibilizar a los estudiantes en las problemáticas sociales existentes y proveerlos de lo necesario para que desarrollen un protagonismo comprometido en la solución a dichas problemáticas.

Desde estas premisas se convoca a la participación voluntaria de alumnos universitarios de diferentes disciplinas. Se contó con alumnos avanzados del Profesorado en Biología, Profesorado en Química, alumnos de Bioquímica y Biología Molecular que recién se inician y una alumna avanzada de Psicología. Considerando que se debía recabar mayor información sobre la utilización de los plaguicidas, surge con esta doble finalidad la realización del taller denominado: *"Usos, riesgos y alternativas de plaguicidas"* que, para llevarlo a cabo, se necesitó del trabajo en conjunto de todos (conocimiento de cada uno de los voluntarios).

Los alumnos universitarios que trabajaron en este taller participaron previamente de seminarios, búsqueda bibliográfica y actividades de estudio sobre plaguicidas con el objeto de ampliar y nivelar sus conocimientos (7-10).

<u>Taller Escolar</u>

Una vez planificado el taller, contando con los recursos humanos adecuados y capacitados en la problemática de los plaguicidas, fue ofrecido a instituciones escolares del medio. La planificación de los talleres, dirigido para alumnos de nivel EGB 3/Polimodal (equivalente a Educación Secundaria en otros países), fue la siguiente:

Primer encuentro. Duración de las actividades: 1hora.

Presentación de los responsables que integraron el taller y su justificación. Se realizó una encuesta para evaluar ideas previas y recabar de allí datos para el trabajo de investigación.

Segundo encuentro. Duración de las actividades: 1 hora y 20 minutos.

Según lo verificado en las encuestas, se procedió a la exposición del tema, indagando y explorando los conocimientos del alumnado. Intento de participación e interés colectivo.

La exposición se centró en las siguientes cuestiones: ¿Qué son las plagas? ¿Para qué se utilizan los plaguicidas? ¿Cuáles son los riesgos asociados a estos productos? Y ¿Qué alternativas menos dañinas existen?

Se presentaron envases vacíos que contenían los plaguicidas más comunes (de mayor uso registrados en la encuesta) y algunos otros para mostrar la diversidad de productos.

Se realizó la lectura de las etiquetas señalando sus características.

Se propuso un trabajo práctico a modo de investigación para realizar en grupo, sobre un tema de su interés.

Tercer encuentro. Duración de las actividades 1 hora y 20 minutos.

Se expusieron de forma oral de los trabajos prácticos, con afiches y/o carteles, y el informe escrito de lo que investigaron. Los temas que eligieron fueron: "Impacto de los Plaguicidas sobre los alimentos", "Plaguicidas sobre el suelo y plantas", y "Consecuencias del mal uso de los plaguicidas en seres vivos".

Se dio una charla integradora del tema remarcando los cuatro puntos de interés vistos con anterioridad, aclarando las dudas y satisfaciendo la curiosidad que despertó sobre otros temas relacionados según la demanda de los mismos alumnos. Sé entregó un folleto con los temas centrales (ver figura 1). Y se planteo la posibilidad de realizar una entrevista radiofónica a los alumnos, realizada por alumnos de otra escuela.


El presente Taller "Usos, Riesgos y Alternativas de Plaguicidas" es una actividad desarrollada dentro del Proyecto de Extensión denominado "EL LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA Y QUÍMICA LEGAL AL SERVICIO DE LA COMUNIDAD" de la Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia de la Universidad Nacional de San Luis, Resolución CS N°103/06, dirigido por la Dra. Diana González.

Han trabajado para hacer posible este Taller "Usos, Riesgos y Alternativas de Plaguicidas":

Daniela Curvale
Alejandra Gallardo
Cristina Arenas
Maria Cecilia Pacheco
Gabriela Alejandra Vargas
Sergio Pegoraro
Gabriela Sansone
Nelson Ferrúa
Mario Santillán
Diana González

Los integrantes del Taller agradecen:

A la Empresa DELLA PENNA.
Al personal de la Imprenta de la Univ. Nacional de San Luis.
A la Secretaria de Extensión Universitaria de la Universidad Nacional de San Luis.
A la Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia.

"Un plaguicida es una sustancia química, de origen natural o artificial, que se utiliza para eliminar malas hierbas, insectos, gérmenes o animales que atacan o invaden los cultivos, el ganado, los alimentos almacenados o los edificios"

Taller "*USOS, RIESGOS Y ALTERNATIVAS DE PLAGUICIDAS*"

PRODUCTOS CASEROS PARA EL CONTROL DE PLAGAS

A continuación seleccionamos algunas recetas preparadas con productos que pueden encontrarse en los hogares, en algunos casos como residuos, y así evitar y/o disminuir el uso de plaguicidas

Fuente: **INTA**-Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Curso teórico-práctico sobre control de plagas en hortalizas y frutales

Cenizas de Madera: esparcida sobre los canteros de cultivos controlan orugas, chinches y plagas en general. También previenen enfermedades fúngicas (producidas por hongos).

Frutos de Paraísos: los frutos de paraísos bien machacados y macerados en agua durante un par de semanas dan un producto fermentado que regado sobre el suelo y plantas resulta ser buen repelente de hormigas.

Flores secas de lavanda: colocadas en armarios y roperos repelen las polillas.

Hojas frescas de lavanda: 300 gramos de hojas por litro de infusión pulverizada sobre las plantas repele insectos, incluso hormigas.

Jabón Blanco: disolver 30 gramos de jabón por litro de agua y rociar sobre plantas. Actúa contra pulgones en las plantas atacadas.

Recomendaciones y cuidados para el manejo y uso de los plaguicidas

1. Almacene siempre los plaguicidas u otros productos químicos caseros fuera del alcance de los niños. Preferiblemente en un gabinete con cerradura.
2. Lea muy bien las instrucciones en la etiqueta del producto antes de usarlo ya que estos pueden ser peligrosos.
3. Antes de aplicar los plaguicidas, retire a los niños, sus juguetes y los animales domésticos según la recomendación de la etiqueta.
4. Después de usar un plaguicida dejar el recipiente bien cerrado.
5. Asegúrese antes de comprar algún producto que éstos estén empaquetados de una manera resistente a los mismos y que el envase no presente roturas.
6. Lea las instrucciones antes de aplicar algún repelente, nunca lo aplique sobre llagas, heridas, cortaduras, piel irritada en los ojos, nariz, labios o directamente a la cara. Use sólo lo suficiente para cubrir la zona expuesta.
7. Nunca cambie o mezcle los plaguicidas a envases de otros productos que se puedan confundir con los de alimentos o bebidas.
8. Tenga siempre presente los números telefónicos de emergencia, por si ocurren accidentes con plaguicidas.
9. Infórmese sobre los riesgos relacionados con el uso de plaguicidas y evite de esta forma los accidentes.
10. En lo posible use medidas tentativas al uso de plaguicidas, ya que son menos peligrosos para la salud y el medio ambiente.

Figura 1. Díptico entregado a los alumnos que participaron de los talleres.

La planificación de estos talleres se realizó acorde a los métodos didácticos basados en el aprendizaje para la comprensión. Este tipo de actividad permite a los alumnos universitarios tener la oportunidad de crecer con capacidades de iniciativa propia, evaluar su propio conocimiento de los conceptos fundamentales sobre plaguicidas y ayudar a la comunidad (11).

3. CONCLUSIONES

Del taller en particular, se logró cumplir con los siguientes objetivos, que incluyen al método didáctico empleado:

- Se logró trabajar sobre un tema auténtico fundamentalmente por su vigencia actual, que interesa, impacta y moviliza.
- El tema tiene diversas formas de abordarse y puede moldearse o incorporarse con matices desde distintas materias lo que permite pensar y actuar flexiblemente incluyendo el uso apropiado de recursos didácticos y generando nuevos temas de investigación.
- Generó búsqueda de respuestas a nuevos interrogantes, de indagación continua y construcción cabal de un tema completamente integrado.
- Demandó de un aprendizaje activo y multidisciplinar que acerca a profesores y alumnos a la aventura por el saber, haciendo posible explorar las inteligencias múltiples por la variedad de modos para abordarse, permitiendo la evaluación continua y diversa.
- Apoyó el diálogo de experiencias en un lenguaje común. Puede ser incorporado en el dialogo familiar de cada día y con vecinos de la comunidad, ejerciendo un efecto multiplicador natural, promoviendo buenas prácticas en la vida diaria.

A pesar de contar con poco tiempo para el desarrollo de este taller, siendo más conveniente realizarlo hasta en cinco encuentros.

De lo visto en nuestra primera experiencia, nos convencimos que con casi nada de capital se puede llevar a cabo un trabajo en conjunto de Universidad-Escuela, a la vez que los involucrados se han fortalecido con la experiencia, lo que motiva a continuar esta propuesta para mejorar la enseñanza de la Química cotidiana y hacer de ella una actividad placentera del ejercicio de la Ciencia.

A continuación se transcribe la opinión de los alumnos universitarios respecto de este taller:

"A través del taller logramos capacitarnos en el tema. Si bien cuando comenzamos el taller nuestros conocimientos sobre plaguicidas eran mínimos, con el transcurso del tiempo logramos ampliarlos, también pudimos utilizar las distintas herramientas adquiridas en materias anteriormente cursadas (Estadística, Metodología de la Enseñanza, Química) y logramos tener un punto en común con estudiantes de distintas carreras lo que nos permitió considerar aspectos diferentes del mismo tema. Vivimos la experiencia de llevar el proyecto a cabo cuando tuvimos la oportunidad de transmitir a alumnos de Educación Primaria todo lo que logramos

aprender sobre plaguicidas. Por todo lo anteriormente expuesto este taller nos resulto beneficioso y educativo".

3. PERSPECTIVAS FUTURAS

Esta actividad ha tenido tal repercusión en la comunidad escolar que varias escuelas han solicitado la posibilidad de desarrollar estos talleres para su alumnado, por lo cual consideramos la continuidad y el enriquecimiento de los mismos tanto en contenidos como en recursos humanos.

REFERENCIAS

1. M. Giordano, M.E. Italiano, C. Maroa, *Algunas ideas a tener en cuenta para la programación didáctica dentro del marco de la enseñanza para la Comprensión*, Documento de Cátedra (2004).
2. Ministerio de Salud de la República Argentina (2003), *Informe Estadístico de Consultas a los Centros de Información, Asesoramiento y Asistencia Toxicológica (CIAATs) por Exposiciones/Intoxicaciones 2001*.
3. *Niveles de pesticidas organoclorados en aguas de la provincia de San Luis (Republica Argentina)*, Acta Farmacéutica Bonaerense, **1992**, Vol. 11 (3), 121-128.
4. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (1998), *Análisis de residuos de plaguicidas en laboratorio de inspección alimentaría.*, Manuales para el control de calidad de los alimentos, Vol. 13.
5. *Análisis epidemiológico de intoxicaciones asistidas en hospital publico de San Luis*, Acta Toxicológica Argentina, **1995**, Vol. 3 (1), 5-7.
6. *Estricnina y otros plaguicidas prohibidos en muestras analizadas dentro de los servicios a la comunidad del laboratorio de toxicología y química legal*", II Jornadas Multidisciplinarias Provinciales de Salud (2004).
7. Organización Panamericana de la Salud (OPS), *Prevención de riesgos asociados a los Plaguicidas. Diagnóstico, tratamiento y prevención de Intoxicaciones Agudas causadas por Plaguicidas*, Curso a distancia de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú (2000).
8. U.S Environmental Protection Agency, **1988**, *Pesticide Fact Handbook*, Vol. 1.
9. U.S Environmental Protection Agency, **1990**, *Pesticide Fact Handbook*, Vol. 2.
10. Clive Tomlin, *The Pesticide Manual, Tenth Edition*, Crop Protection Publications, Londres (1994).
11. D. Durán, M.R. Torchio, *Fortalecimiento de la Capacidad Interdisciplinaria en Educación Ambiental para Supervisores y Docentes del Sistema Educativo Nacional*, Manual metodológico, UNESCO (1995).

UN ENFOQUE INTERDISCIPLINAR DE LA FÍSICA EN EL BACHILLERATO: SU RELACIÓN CON LA BIOLOGÍA

Ángel de Andrea González [a], ***Ana Gómez Gómez*** [b]
[a] IES Carpe Diem, c/ Álvarez Laviada, 3, 28370 Chinchón (Madrid)
[b] IES Felipe Trigo, c/ Pintor Velázquez, 66, 28935 Móstoles (Madrid)
angel_de_andrea@yahoo.es, agomezygomez@yahoo.es

El objetivo del presente trabajo es exponer una visión interdisciplinar de la Física y la Biología, mediante una herramienta metodológica para la enseñanza de la Física en el Bachillerato basada en un aprendizaje significativo y funcional, todo ello fruto de nuestra labor docente en el aula. Hemos podido comprobar que la inclusión en el proceso de enseñanza de aspectos interdisciplinares de la Física y Biología que estén relacionados con la vida cotidiana, mejora la imagen de la Ciencia, es un factor motivador, favorece el aprendizaje y el cambio conceptual, metodológico y actitudinal, contribuyendo a la integración de la Ciencia en la cultura .

1. INTRODUCCIÓN

El origen del aprendizaje significativo hay que situarlo en la década de los sesenta, cuando D. P. Ausubel lo acuñó para definir lo opuesto al aprendizaje repetitivo (1). Para este autor y para sus seguidores, la significatividad del aprendizaje se refiere a la posibilidad de establecer vínculos sustantivos y no arbitrarios entre lo que hay que aprender, el nuevo contenido y lo que ya se sabe, lo que se encuentra en la estructura cognitiva de la persona que aprende (sus conocimientos previos). Este aprendizaje está ligado inherentemente al aprendizaje funcional. Se entiende que un aprendizaje es funcional cuando la persona que lo ha realizado puede utilizarlo efectivamente en la situación concreta para resolver un problema determinado.

La utilización de esta metodología en disciplinas de Ciencias:

- Organiza los conocimientos en torno a núcleos significativos.
- Permite combinar el aprendizaje por recepción y el aprendizaje por descubrimiento.
- Da importancia a los procedimientos a través de la experimentación y el proceso de investigación.
- Realza el papel activo del alumno en el aprendizaje de la Ciencia.
- Desarrolla actitudes de gran importancia en la formación científica y personal en el alumnado.

En relación al aprendizaje interdisciplinar (2,3), la evidencia pone de manifiesto que la información se retiene mejor cuanto mayor es el número de vías por el que se accede a ella. La información se retiene y se utiliza mejor si accede a una mente en la que existe ya una red de conocimientos con los que pueda enlazarse, y tanto más cuanto mayor sea el número de enlaces que puedan establecerse. El entorno se entiende mejor si se dispone de una formación interdisciplinar. Cualquier actividad

intelectual sugiere un número de preguntas que no pueden contestarse, en general, en el marco de conocimientos que competen dicha actividad. Cuanto más amplia sea la actividad más motivadora es.

1.1. Finalidad de un aprendizaje interdisciplinar en Ciencias

La Física y Química, junto con la Biología y Geología, son disciplinas de gran importancia en el desarrollo de la sociedad actual. Por ello es muy importante mostrar a los alumnos no solamente determinados contenidos de ellas, sino una visión interdisciplinar que permita de una manera más sencilla comprender sus conceptos y además facilite un aprendizaje significativo y dote a estas Ciencias de un carácter integral en la formación del alumno. No debemos olvidar que Ciencia y Tecnología son un aspecto importante en la identificación de las distintas sociedades, ya que tienen una gran influencia en la configuración y evolución de las mismas y, al mismo tiempo, su propia evolución y desarrollo están condicionados por la sociedad en la que se generan. Es decir, la Ciencia y la Tecnología son una manifestación de la sociedad, como lo es la Lengua, el Arte, la Literatura o la Filosofía.

1.2. Una nueva herramienta metodológica

La Biología y Geología tienen como principal objetivo que los alumnos y alumnas adquieran la capacidad de describir y comprender su entorno y explicar muchos de los fenómenos naturales que en él suceden, aplicando sus conocimientos y los procedimientos habituales del quehacer científico. Su papel educativo en el Bachillerato está relacionado con la profundización en los conocimientos trabajados en cursos anteriores.

Su carácter formativo por otro lado, hace necesario que esta materia contribuya también a la formación de ciudadanos críticos y, por ello, debe incluir aspectos de formación cultural como las complejas interacciones, Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS), o la forma de trabajar del científico (4-6). Es por ello que esta línea metodológica trata de fomentar la integración de la Biología en la formación integral del alumno dentro de ese marco interdisciplinar que hemos mencionado.

Nuestra experiencia pone de manifiesto que los resultados académicos mejoran notablemente si estos contenidos se relacionan con fenómenos que ocurren en la vida cotidiana, que son susceptibles de explicarse cualitativamente (7-12). La visión funcional del aprendizaje hace imprescindible tener en cuenta, además de los contenidos científicos, aspectos tecno-sociales y culturales y para ello esta nueva visión va a tratar de acercar la Física a aspectos cotidianos. Este recurso posee además la característica de que puede ser utilizado como actividad motivadora, de desarrollo, de refuerzo o ampliación de cualquier unidad didáctica. A modo de ejemplo, hemos seleccionado algunas de estas aplicaciones dentro del currículo oficial.

2. HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS QUE FAVORECEN LA INTERDISCIPLINARIEDAD

En este apartado mostramos algunos ejemplos de actividades que podrían fomentan en el aula los contenidos interdisciplinares entre la Física y Biología. Teniendo en cuenta los contenidos, las seis primeras actividades podrían trabajarse en el primer curso de Bachillerato, y las cinco últimas en el segundo curso.

2.1. La evaporación del fluido lagrimal

El fenómeno de la evaporación está patente en algunos de los fluidos corporales. La pregunta que se le hace al alumno es por qué cuando despertamos, notamos una incomoda "arenilla" en los ojos. La respuesta es sencilla: esos granos diminutos son el mero residuo de la evaporación del fluido lagrimal.

De noche, mientras dormimos, hay un parpadeo leve y lento que se produce a grandes intervalos. Por eso el fluido se seca en el interior de la comisura palpebral y se evapora formando esos pequeños cristales que nos obligan a frotarnos los ojos cuando despertamos.

¿Por qué cuando parpadeamos y notamos la lágrima en nuestros ojos mejora apreciablemente nuestra visión? Los oftalmólogos recomiendan una buena hidratación del ojo, ya que el papel de la lágrima sería el de "cubrir" las pequeñas hendiduras o imperfecciones de la córnea, de forma que ésta, en estas condiciones, se comporta como una superficie casi lisa, produciéndose una refracción regular. Si la córnea no estuviese hidratada, como es en el caso de la enfermedad conocida como "ojo seco" se produce una visión borrosa debido a una refracción irregular. Ésta es la razón por la que se recetan lágrimas artificiales.

2.2. El oído y la fuerza centrífuga de inercia

Es conocido que el oído es un órgano muy sensible y que éste es el responsable de ciertos mareos que ocasionalmente sufrimos. En esta actividad se pide al alumno que explique por qué cuando una patinadora empieza a girar vertiginosamente sobre su propio eje, automáticamente coloca la cabeza en una postura inclinada hacia dicho eje. El alumno conoce que la patinadora es un observador acelerado, lo que significa que sobre ella actúa la fuerza centrifuga de inercia, cuya intensidad, es inversamente proporcional al radio de giro. Si inclina la cabeza hacia el eje de giro es para acercar a éste los sensibles órganos del equilibrio situados en el oído, disminuyendo el radio de giro y minimizando así el efecto irritante de la fuerza centrífuga de inercia.

2. 3. Fuerzas de rozamiento y huellas dactilares

El alumno es consciente de que gracias a la fuerza de rozamiento estático los seres humanos podemos caminar. Por ello se le pide que investigue si las fuerzas de

rozamiento aportan alguna ventaja adicional en nuestra vida cotidiana y, para ello, se le hace reflexionar sobre la rugosidad de las yemas de sus dedos. Evidentemente si los seres humanos poseemos las características huellas dactilares es porque gracias a ellas las yemas de los dedos no son lisas, sino rugosas, lo que conlleva un aumento del rozamiento estático entre éstas y los objetos que cogemos, facilitando el agarre de los mismos.

2.4. Las fuerzas de rozamiento minimizadas por fluidos corporales

En estos niveles es bien conocido el papel de los lubricantes que se utilizan para minimizar los efectos de las fuerzas de rozamiento. Desde el punto de vista de la Biología se puede plantear a los alumnos la función del líquido sinovial, que es un fluido viscoso y claro que se encuentra en las articulaciones. El líquido sinovial reduce la fricción entre los cartílagos y otros tejidos en las articulaciones para lubricarlas y acolcharlas durante el movimiento. Otro fluido corporal de interés es la *vérnix caseosa*. Cuando el bebé sale del vientre materno, se halla envuelto en una gruesa capa grasienta de color blanquecino. La finalidad principal de este revestimiento viscoso al que los médicos llaman *vérnix caseosa*, es servir de lubricante, sin el cual apenas sería posible el parto normal, debido a las fuerzas de rozamiento entre el bebe y el útero y la vagina de la madre.

2.5. Estabilidad de mujeres embarazadas

En esta actividad se pide a los alumnos que recuerden la característica manera que tienen de caminar las mujeres embarazas. Éstas andan con la columna inclinada hacia atrás. Se les explica que esto es así, con objeto de que la vertical que pasa por el centro de gravedad caiga, sobre la superficie comprendida entre las plantas de sus pies (incluidas éstas), lo que no conseguirían si caminaran erguidas, ya que la vertical se saldría de esta superficie. Así consiguen que el equilibrio sea estable y no caigan.

2.6. Los niños y su estabilidad. El raquitismo

Los alumnos conocen que un cuerpo es tanto más estable cuanto mayor sea la base de sustentación y más bajo se encuentre el centro de gravedad. Los niños se caen con mayor facilidad que los adultos porque tienen proporcionalmente una cabeza grande (cuyo tamaño es casi como la de un adulto), mientras que su cuerpo es pequeño. Esto da lugar a que su centro de gravedad se encuentre demasiado elevado y, consecuentemente, su equilibrio sea más inestable y se caiga con más facilidad. Además la superficie de sus pies es menor que la de los adultos. Con los años el centro de gravedad pasa del tórax, en los bebes, a la pelvis en los adultos.

Un niño que padece raquitismo, tiene su centro de gravedad a mayor altura que un niño normal, por el hecho de tener una cabeza prominente, lo que significa que esta enfermedad produce una merma en la estabilidad del niño: esta es la razón por la cual

Carlos II “El hechizado”, que padecía un exagerado raquitismo, no llegó a caminar hasta bien cumplidos los diez años (aquí estaríamos estableciendo una conexión interdisciplinar con la asignatura de Historia).

2.7. La reflexión y la doble estimulación de la retina: el *tapetum*

Los ojos de los perros, los gatos y casi todos los animales domésticos poseen un brillo espectacular en la oscuridad cuando se les ilumina con una fuente de luz externa, debido a la existencia de una capa reflectora especial en el fondo del ojo, llamada *tapetum*, que favorece la visión nocturna. La luz pasa por la retina del animal procedente del exterior del ojo y, entonces, se refleja en esa capa posterior y vuelve a atravesar la retina en sentido opuesto. Esta estimulación doble de la retina ayuda a estas especies a ver mejor que los humanos en situaciones de poca luz.

El color del *tapetum* varía dependiendo del color de la piel del animal, siendo de color verde en los perros de caza de color negro. El *cocker* de color rojizo muestra un reflejo amarillo; la mayoría de cachorros y gatitos presentan un reflejo azul hasta que maduran por completo las estructuras del ojo, entre los seis y ocho meses de edad. Los perros y gatos de color claro, como los *husky* siberianos y los gatos siameses, pueden carecer de pigmento en el *tapetum* y, por tanto, exhibir un reflejo rojo idéntico al de los humanos.

2.8. Resonancias de interés biológico

El aparato fonador tiene tres partes: el aparato respiratorio, el laríngeo y el resonador. Es conocido que cuando el aire que respiramos se encuentra con la laringe, que contiene las cuerdas vocales, pasa entre ellas y las hace vibrar. Debido a que este sonido es aún muy débil y pobre, hace falta un resonador o caja de resonancia que lo amplifique. Esto se consigue aprovechando una serie de huecos naturales que tenemos en nuestro cuerpo: caja torácica, boca, garganta, fosas nasales, entre otros. Colocando la voz adecuadamente en unos u otros sitios se obtiene una voz plena, rica en armónicos y se consigue ampliar la tesitura (llegar a las notas más agudas o más graves). En eso consiste el estudio del canto, en aprender a dominar y a explotar todas las posibilidades que nuestros órganos ofrecen con el fin de rentabilizar al máximo las cualidades con las que uno nace. Aquí también cabría comentar el uso que hacen las ballenas del fenómeno de la resonancia: la mandíbula inferior de las ballenas les sirve de caja de resonancia, amplificando los sonidos que después son trasmitidos a los oídos y al cerebro.

2.9. La miopía nocturna

En esta actividad se hace reflexionar a los alumnos por la pérdida significativa de la agudeza visual que experimentamos por la noche al contemplar los objetos lejanos. En relación a lo anterior se les plantea la pregunta: entonces, ¿somos todos miopes?

La respuesta es afirmativa, porque todos sufrimos por la noche la llamada miopía nocturna. Fue descubierta en 1942 por dos físicos españoles: Otero y Durán. Se produce cuando se contempla con poca luz un objeto muy lejano, comportándose el ojo como si tuviera una miopía de -2 dioptrías con relación al mismo ojo a plena luz. Esto es posible porque, en condiciones de poca iluminación, el ojo tiene dificultades en detectar los pequeños detalles, la pupila se dilata buscando recoger más luz; al aumentar su diámetro disminuye la profundidad de foco y aumentan las aberraciones ópticas del sistema visual. Este desenfoque del ojo afecta por igual a personas miopes y no miopes. Ésta es la razón por la cual los "cortos de vista" se quejan de una evidente pérdida de agudeza visual por la noche (sobre todo cuando conducen por carretera). Los pilotos también acusan la miopía nocturna en la pista de despegue y aterrizaje.

2.10. El peligro biológico de los grandes transformadores

Cuando se visita una central eléctrica se advierte que en las proximidades de los grandes transformadores no se crucen los brazos. ¿Cuál sería la razón de este hecho? La respuesta a la que han de llegar los alumnos está relacionada con el fenómeno de la inducción electromagnética: al cruzar los brazos se forma un bucle conductor y al encontrarnos en un campo magnético variable se inducirá una corriente que a través del cuerpo podría perjudicar notablemente el corazón.

2.11. Las abejas y los teléfonos móviles

Desde la aparición de la telefonía móvil se está produciendo una masiva desaparición de grandes cantidades de abejas de sus correspondientes enjambres. Parece ser que esta desaparición está provocada por las ondas electromagnéticas emitidas por los móviles que, al interferir en el sistema de navegación de las abejas, las desorientan, impidiéndolas regresar al enjambre.

3. RESULTADOS

Hemos hecho una estadística en dos grupos de 20 alumnos cada uno, de muy similares características. Durante el curso escolar, en uno de ellos, grupo A, se impartió la asignatura de forma tradicional, y en el otro, grupo B, se explicaron, además, cuestiones de Física de la vida cotidiana relacionadas con la Biología. Al finalizar el curso escolar, el número de aprobados en el grupo B excedía un 20 % al número de aprobados con respecto al grupo A.

4. CONCLUSIÓN

Desde un punto de vista de un aprendizaje significativo, funcional e interdisciplinar, la explicación en el aula de fenómenos que ocurren en la vida

cotidiana, además de mejorar notablemente el aprendizaje de la Física y la Biología al establecer una conexión interdisciplinar entre estas disciplinas, induce en el alumnado un cierto interés en las mismas, así como una mejora en su capacidad de razonamiento. De esta forma el alumnado comprueba que la Física no está tan alejada de la cultura general como solía pensar.

REFERENCIAS

1. D. Ausubel, J. Novak, H. Hanesian, *Educational psychology: A cognitive view*, 2 nd. Ed. Holt, Rinehart y Winston, New Cork (1988).
2. C. Scurati, *Interdisciplinariedad y didáctica: fundamentos, perspectivas, realizaciones*, Ed. Adara, La Coruña (1977).
3. J. Torres Santomé, *Globalización e interdisciplinariedad: el currículo integrado*. Ediciones Morata, Madrid (1994).
4. J. A. Acevedo, *Enseñanza de las Ciencias*, **1996**, Vol. 14(1), 35-44.
5. J.A. Acevedo, *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, **1997**, Vol.10, 269-275.
6. M.S. Gutiérrez, M.A. Gómez, M.J. Martín, *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva CTS*, Membiela (ed.), Narcea, Madrid (2001).
7. J. Aguilar, F. Senent, *Cuestiones de Física*, Ed. Reverté, Barcelona (1994).
8. A. de Andrea, A. Gómez, *Revista Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **2006**, Vol. 47, 102-110.
9. A. de Andrea, A. Gómez, *Didáctica de la Física y la Química en los distintos niveles educativos*, G. Pinto (ed.), Sección de Publicaciones de la ETSII UPM, Madrid (2005), 61-66.
10. A de Andrea, A. Gómez, *Libro de actas del IV Seminario Ibérico CTS*, Universidad de Málaga (2006), capítulo 67.
11. I. Piñar, A. de Andrea, A. Gómez, *Física 2º de Bachillerato*, Ed. Edelvives, Madrid (2003).
12. J. Walker, *The flying circus of physics*, John Wiley & Sons, New York (1977).

QUÍMICA VISUAL

Juan Carlos Fandiño da Torre
I.E.S. de Curtis, 15379 A Coruña
fandi@edu.xunta.es

Se muestran un conjunto de experiencias sencillas, realizadas con alumnos de los últimos cursos de la Educación Secundaria Obligatoria, con objeto de mostrarles una imagen atractiva de la Química.

1. INTRODUCCIÓN

Nuestro afán es desmitificar la Ciencia, huir de la Ciencia como algo oscuro y complejo. En nuestra experiencia con alumnos de 3º y 4º de ESO de diversificación curricular y agrupamientos en la disciplina de Física y Química, donde se trabaja con grupos reducidos, hemos visto que hay que empezar con reacciones sencillas y poco a poco hacer que los alumnos entren en la mecánica de la asignatura. Es conveniente hacerlos partícipes de las experiencias: ellos montan las prácticas y al final recogen el material y dejan todo limpio y ordenado.

Es necesario también exigir cierto método, como la realización de un cuaderno de laboratorio donde anoten todas las circunstancias de la experiencia. Los resultados con estos alumnos son a veces espectaculares, pues alumnos que en una clase "normal" no se integran ni se interesan por nada, en un grupo más reducido son los primeros en trabajar y aprender. En estos tiempos de educación obligatoria, es necesario "enganchar" a los alumnos con algunas experiencias mágicas: eso es lo que nos proponemos en este trabajo, en él presentaremos algunas experiencias de sencilla realización, pero que pueden adaptarse a los niveles de Física y Química de la ESO y de Bachillerato.

Seguiremos el orden clásico: material, reactivos, procedimiento y aplicaciones didácticas.

2. OXIDACIÓN DE LA GLICERINA

Material:
- Rejilla
- Soporte
- Pinzas
- Cuentagotas

Reactivos:
- Permanganato de potasio, $KMnO_4$
- Glicerina, $HOCH_2\text{-}CHOH\text{-}CH_2OH$

Procedimiento:

Colocamos en la rejilla 10 gramos de $KMnO_4$ y añadimos unas gotas de glicerina. Al cabo de unos instantes, cuando se mezclen bien los reactivos, observamos la aparición de una llama de color violeta. La glicerina se oxida a CO_2 y H_2O, y el MnO_4^- se reduce a MnO_2.

Aplicaciones didácticas:

- Estequiometría.
- Mecanismo de reacción orgánica.
- Reacciones de oxidación-reducción.



Figura 1.

3. REACCIÓN SODIO-AGUA

Material:

- Probeta de 1 L

Reactivos:

- Hexano
- Sodio
- Agua
- Fenolftaleína

Procedimiento:

Cuando a finales de los años 80 del pasado siglo, naufragó el buque Casón, cargado de productos químicos, frente a las costas de Finisterre en Galicia, al saltar los bidones de sodio metálico que transportaba y entrar en contacto con el agua de mar, se producían tremendas explosiones. Vamos a reproducir la misma reacción, que es cinéticamente muy rápida y fuertemente exotérmica, pero sin aquellos riesgos.

Para ello usamos una capa orgánica de hexano (de densidad 0,66 g/mL) y agua en una probeta. La capa orgánica, como es menos densa, queda en la parte superior y facilita la reacción del sodio (se puede hacer para cualquier metal alcalino) con el agua. El sodio, de densidad 0,97 g/mL, baja a lo largo de la capa de hexano y al llegar

a la capa acuosa reacciona con el agua desprendiendo hidrogeno y NaOH (la presencia de la sosa se nota porque en el agua hay fenolftaleína). El hidrógeno generado, según la reacción $Na + H_2O \rightarrow NaOH + \frac{1}{2} H_2$, eleva un poco el trocito de sodio e impide que la reacción sea muy rápida y explosiva. Esta es la manera de realizar la reacción lentamente y sin peligro. Puede notarse el brillo metálico del sodio.

Aplicaciones didácticas:
- Sustancias con diferentes densidades
- Reacciones ácido-base
- Reacciones de oxidación-reducción



Figura 2.

4. ¿PESA REALMENTE EL AIRE?

Una manera muy sencilla de comprobar la presión atmosférica es realizar la siguiente práctica: necesitaremos una botella o bote de lata o de plástico, y debemos crear dentro del recipiente un vacío parcial. Una vez creado el vacío, el peso del aire exterior aplastará el bote de una manera espectacular. Para retirar parte del aire de un bote de refresco, lo mejor es poner una décima parte del volumen de agua y llevarla a ebullición, de este modo desplazaremos parte del aire interior y una vez retirado del fuego y tapado, al cabo de unos instantes veremos como la lata se aplasta. Esto mismo puede hacerse con una lata más grande por cuya boca quepa un papel encendido, que es el que desplazará el aire, una vez tapada la lata la presión exterior la aplastará también.

Aplicaciones didácticas:
- Concepto de presión atmosférica, unidades de presión.
- Concepto de vacío.
- Estudio de las fuerzas que ejerce un gas en todas las direcciones del espacio.

BEBIDAS AUTOCALENTABLES: EJEMPLO DE APRENDIZAJE ACTIVO DE CONCEPTOS FISICOQUÍMICOS

Gabriel Pinto Cañón
Grupo de Innovación Educativa de Didáctica de la Química
E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid
José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid
gabriel.pinto@upm.es

Se describe una actividad educativa sobre el calentamiento de bebidas comerciales "autocalentables", que se produce por el carácter exotérmico del proceso de disolución de ciertas sales en agua. La actividad está basada en medidas experimentales que se pueden hacer en un tiempo breve en el aula (incluso con elevado número de alumnos) o por los propios alumnos fuera del aula. Es un ejemplo concreto de cómo experiencias de este tipo pueden servir para el aprendizaje activo, colaborativo, y de aprendizaje basado en problemas, que favorecen el aprendizaje de conceptos fisicoquímicos.

1. INTRODUCCIÓN

Es frecuente, en los diversos foros de discusión sobre la "nueva" metodología educativa universitaria (y de niveles previos), que se aluda a la falta genérica de interés de los alumnos, a su elevado número en cada grupo, y a la falta de tiempo para abordar en el aula los temarios "oficiales", como aspectos (entre otros) que impiden el desarrollo de metodologías como aprendizaje basado en problemas, resolución de casos, o aprendizaje cooperativo y colaborativo. El autor de este trabajo no comparte, en términos generales, esta opinión, y considera, por el contrario, que son los docentes los que deben mostrar, en primer lugar, entusiasmo e interés por su materia, para favorecer la motivación de los alumnos, así como intentar implementar estrategias educativas que favorezcan un aprendizaje activo. La efectividad de este tipo de aprendizaje está evidenciada por multitud de trabajos, entre los que se pueden destacar, a modo de ejemplo, los de la profesora Oliver-Hoyo (1,2). Por otra parte, existen textos variados donde se ofrecen ejercicios y experiencias de Química, a nivel universitario, para desarrollar entornos de aprendizaje activos (3-5).

En el presente trabajo se recoge, como ejemplo, una de las actividades que el autor desarrolla en los últimos años, en materias de Química General e Inorgánica del primer curso de titulaciones de Ingeniero Industrial y de Ingeniero Químico. La realización práctica en el aula conlleva un tiempo de menos de 5 minutos, y sirve para que los alumnos trabajen (fuera del aula) en grupo (aprendizaje colaborativo) sobre conceptos como variación de entalpía de disolución, cálculos termodinámicos, calor específico, densidad, energía reticular y peso molecular, entre otros, a partir de un problema (aprendizaje basado en problemas) con un objeto cotidiano, que se vende por ejemplo en las gasolineras, y que consiste en un vaso de bebida "autocalentable".

En el ejemplo propuesto, el profesor mostró un vaso de este tipo en el aula y midió la variación de temperatura de la bebida (chocolate) al seguir el procedimiento expuesto en la información que sobre la misma se ofrece en su etiqueta. Se observó que la bebida pasaba de 23 ºC a 55 ºC.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el aula, se ha mostrado una aplicación de la energía desprendida al disolver cierta sal en agua, para calentar una bebida en un vaso algo especial. Se muestran (Figura 1) algunas fotografías del envoltorio del vaso, donde se ofrece información al respecto y también una fuente de información para obtener más detalles. En un vaso similar, se determinaron las siguientes masas: sal (54,31 g), agua (60,45 g), recipiente (21,22 g de polipropileno y 8,39 g de aluminio) y chocolate (93,68 g). Se pide:





Figura 1. Información aportada en la etiqueta del producto.

a.- Describir el recipiente (materiales y diseño) mediante un esquema y el proceso que tiene lugar para calentar la bebida con este procedimiento.

b.- Sugerir algún procedimiento que haya podido permitir al profesor conocer las masas indicadas.

c.- Con datos que pueden obtenerse en tablas de variaciones de entalpías de disolución de sales en agua (6), estimar (i) el calor (en kJ) que se desprende al producirse el calentamiento y (ii) la temperatura (en ºC) aproximada que alcanzará la bebida si se supone (aunque obviamente no es cierto) que la disolución salina y la bebida poseen un calor específico igual al del agua (1,00 cal/g·ºC). Los calores específicos del polipropileno y del aluminio son 0,43 y 0,22 cal/g·ºC, respectivamente.

d.- Comparar el incremento de temperatura calculado con el que se ofrece en la información del vaso.

e.- Razonar si se alcanza en la práctica la temperatura estimada en el apartado c y enumerar algunas de las aproximaciones realizadas en los cálculos.

f.- A partir de datos de las variaciones de entalpía de hidratación de los iones implicados (6) y la variación de entalpía de disolución de la sal, estimar la energía reticular (en kJ/mol) de la sal. Se sugiere representar en un diagrama de energías estos valores, así como comparar el valor estimado con otros encontrados en la bibliografía.

g.- Explicar el fundamento de las siguientes recomendaciones y advertencias que se indican en el envase:

- Agitar durante 40 segundos boca-abajo.
- No perforar ni cortar el envase.
- Se autocalienta una vez.
- No intentar calentar el vaso por otros medios: horno, microondas, etc.

h.- Comentar las ventajas e inconvenientes de este tipo de envases y señalar algunas mejoras posibles en cuanto a su diseño.

i.- Calcular la masa (en g) de sulfato de magnesio que generaría el mismo calor que la sal de la experiencia.

j.- Razonar si sería posible utilizar el mismo diseño de envase para enfriar una bebida (para producir por ejemplo té frío) en vez de calentarla, cambiando simplemente el tipo de sal.

k.- Con los datos del ejercicio, ¿se puede establecer la densidad (en g/mL) del chocolate?

l.- Comentar cualquier aspecto relacionado con la experiencia que se considere de interés.

3. SOLUCIONES PROPUESTAS

De forma resumida, las soluciones que se sugieren a las preguntas planteadas son:

a.- La información sobre el recipiente viene en el propio envoltorio del vaso y en la dirección anunciada en dicho envoltorio (7), de donde se ha tomado el esquema que se recoge en la Figura 2.

La bebida está contenida en un vaso de aluminio (buen conductor térmico), rodeado de un recipiente de polipropileno. Al apretar por abajo, se acciona el pistón (formado con unas láminas de polipropileno) que “rompe” la fina capa de aluminio que une el compartimiento con agua y el que contiene cloruro cálcico. Al disolverse esta sal en el agua, se desprende el calor (proceso de disolución exotérmico) que se emplea en calentar la bebida.

b.- Se realizó haciendo con cuidado unos orificios para extraer el agua y la sal, de forma separada, y pesándolos. Posteriormente, se pesaron los demás componentes.

c.-

(i) Se dispone de una cantidad de sal ($CaCl_2$) de: 54,31 g / 110,98 g/mol = 0,489 mol

En las tablas ofrecidas (6) se observa que el calor desprendido (valor negativo) de disolución del $CaCl_2$ en agua es de 82,9 kJ/mol. Por lo tanto, se desprende un calor de:

$$0{,}489 \text{ mol} \times 82{,}9 \text{ kJ/mol} = 40{,}5 \text{ kJ}$$

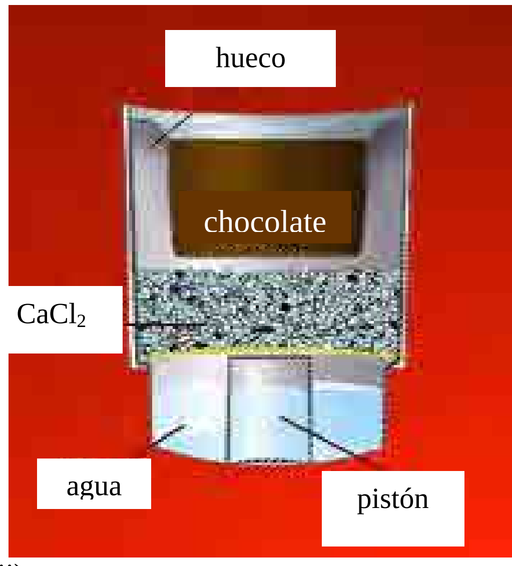


Figura 1. Esquema del dispositivo del vaso con bebida "autocalentable".

(ii)

Sabiendo que el calor absorbido, Q, por una masa, m, de sustancia supone una variación de temperatura ΔT, dada por: Q = m × c × ΔT, donde c es el calor específico, y sabiendo que 40,5 kJ equivalen a $9{,}69\cdot10^3$ cal, se tiene:

$$9{,}69\cdot10^3 \text{ cal} = [(54{,}31+60{,}45+93{,}68) \text{ g} \times 1{,}00 \text{ cal/mol}\cdot\text{K} \times \Delta T] + $$
$$+ [8{,}39 \text{ g} \times 0{,}22 \text{ cal/mol}\cdot\text{K} \times \Delta T] + [21{,}22 \text{ g} \times 0{,}43 \text{ cal/mol}\cdot\text{K} \times \Delta T]$$

De esta forma, se obtiene ΔT = 44 K

Como la temperatura inicial era 23 ºC, se tendría que haber alcanzado en la bebida, según los planteamientos descritos, una temperatura de unos 67 ºC.

d.- En la información del vaso se indica que "se calienta unos 42 ºC sobre la temperatura ambiente". En versiones más recientes se indica que se calienta 40 ºC. En todo caso, son valores similares al calculado (unos 44 ºC).

e.- No se alcanza la temperatura estimada en el apartado c. El vaso se calentó hasta 55 ºC. El calentamiento es menor que el predicho porque se han realizado diversas aproximaciones: se ha asumido el valor de calor específico igual al del agua para la disolución salina y la bebida, el sistema no está perfectamente aislado térmicamente del ambiente (como lo prueba el hecho de que se calienta la mano al sujetarlo), las masas de las sustancias se dan para un vaso "similar" y no para el utilizado, y hay en realidad un gradiente de temperaturas, entre otras

f.- Considerando los datos aportados en las tablas (6) de variaciones de entalpía de disolución (a 298 K), referida a la formación de disolución acuosa "infinitamente diluida", en kJ/mol y de variaciones de entalpía de hidratación de iones (también a 298 K), correspondientes a procesos del tipo $M^{z\pm}$ (g) + aq → $M^{z\pm}$ (aq), se tiene:

$$CaCl_2 (s) \xrightarrow{\text{agua}} Ca^{2+} (ac) + 2\, Cl^- (ac) \quad \Delta H_{disol.} = -\,82{,}9 \text{ kJ/mol}$$

$$Ca^{2+} (g) \xrightarrow{\text{agua}} Ca^{2+} (ac) \quad \Delta H_{hidrat.} = -\,1650 \text{ kJ/mol}$$

agua

Cl^- (g) → Cl^- (ac) $\Delta H_{hidrat.}$ = - 364 kJ/mol (×2= -728 kJ/mol)

A partir de los datos anteriores, para el proceso: $CaCl_2$ (s) → Ca^{2+} (g) + 2 Cl^- (g), se necesita una energía (reticular): U_o = +728 +1650 - 82,9 = 2295 kJ/mol. El valor tabulado para esta sal es (6) de 2237 kJ/mol, bastante similar al calculado.

g.- El fundamento de las advertencias es, respectivamente:

- Debe darse tiempo para que se disuelva la sal en el agua, y se favorece boca abajo porque el agua (líquido) fluye hacia el compartimiento con la sal. Si se agita boca arriba podría quedar parte de la sal fuera del contacto con el agua.

- Si se corta o perfora se podría desprender parte del agua o de la sal y ya no podría calentarse.

- Sólo sirve para un proceso de disolución de la sal.

- Si se calienta por otros medios, el agua podría llegar a hervir y, estando en un compartimiento cerrado, podría ser peligrosos. En microondas también sería peligroso, porque contiene aluminio, sustancia que, como el resto de los metales, no debe introducirse en dicho dispositivo.

h.- Como ventajas, ofrece, por ejemplo, la posibilidad de calentar una bebida en una excursión, como en una travesía de montaña o en un viaje en automóvil, donde a veces no es fácil disponer de una fuente de calor. Algunos inconvenientes son el precio (un vaso de bebida cuesta 1,6 €), el mayor peso y volumen del envase debido a la sal y al agua que contiene, y la dificultad de reciclado por la complejidad del envase. En cuanto a mejoras, dependerá de la creatividad de cada grupo. Por ejemplo, se ha señalado cubrir el vaso de un material aislante térmico, incorporar un asa, etc.

i.- El peso molecular del $MgSO_4$ es 120,4 g/mol. Para generar el mismo calor, considerando (según la tabla) el valor de ΔH_{disol}. = - 91,2 kJ/mol, la masa m de sal necesaria será:

(m / 120,4 g/mol) · 91,2 kJ/mol = 40,5 kJ, de donde m = 53,5 g

j.- Sí sería posible, empleando una sal cuya disolución en agua sea un proceso endotérmico, como, por ejemplo, el nitrato amónico. Incluso en la dirección *Web* del fabricante (7), se informa de un producto análogo para preparar "té frío".

k.- Con los datos aportados, se sabe que la masa de chocolate son 93,68 g y su volumen (según indica el fabricante) es de 75 mL, por lo tanto, la densidad será, de forma aproximada (no se ha medido de forma exacta y precisa el volumen):

93,68 / 75 = 1,25 g/mL

Una actividad adicional, como se comenta posteriormente, es la medida de la densidad de distintas bebidas "autocalentables" en el laboratorio.

l.- Se pueden ofrecer otro tipo de aplicaciones, consideraciones, etc. Por ejemplo, los alumnos pueden buscar en la bibliografía otros métodos análogos para calentamiento de bebidas y alimentos enlatados, como es la reacción química entre cal (CaO) y agua para dar hidróxido de calcio, u otras aplicaciones de los principios estudiados, como es la preparación de compresas instantáneas frías (normalmente por

disolución de nitrato amónico) o calientes (normalmente por disolución de sulfato de magnesio) en botiquines de emergencia.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

En el breve tiempo que dura la experiencia en el aula, se despierta expectación y gran interés por parte de los alumnos, a la vez que se rompe momentáneamente el ritmo de la clase, favoreciendo una mayor atención posteriormente. Los alumnos quedan sorprendidos de ver que un concepto que estudian en clase, como el calor de disolución de sales, se aplica a objetos tan curiosos como los vasos "autocalentables".

Los alumnos realizan el trabajo en grupo, y se les recomienda que consulten al profesor (se potencia la actividad tutorial) durante el desarrollo del mismo. Así, según vayan avanzando, el profesor les puede sugerir un mayor grado de implicación en la actividad: repetirla para observar la temperatura alcanzada, desarrollarla con otras bebidas similares (hay, aparte de chocolate, distintos tipos de café y de té), medir las densidades de las bebidas, para comprobar cómo, con un mismo volumen (75 mL) la masa varía (el chocolate, por ejemplo, es más denso que el café) y por tanto el valor de ΔT calculado, etc. Se tiene así la ventaja de que el problema tiene cierto carácter abierto, lo que estimula también a los alumnos.

Además, la actividad sirve para comprobar si los alumnos tienen errores conceptuales o deficiencias en el procedimiento a seguir. A modo de ejemplo, se señalan alguno de los aspectos que se han observado en algunos grupos de alumnos durante la corrección de la actividad:

- Cuando se "sugiere" alguna cuestión, como la representación gráfica de energías, o la comparación del valor de energía reticular con datos tabulados, los alumnos tienden a no hacerlo. El profesor debe ayudarles a vencer esa reticencia (que viene a ser como una "energía de activación") en el asesoramiento tutorial ("catalizador" del proceso educativo).
- A veces no completan bien un apartado por desconocimiento de formulación (por ejemplo de la fórmula del sulfato de magnesio).
- Aunque parezca obvio, les cuesta trabajo, en algunos casos, determinar cómo el profesor pudo determinar las masas implicadas (apartado b), y plantean cuestiones como medida de un volumen cilíndrico y consideraciones de la densidad del agua.
- Los razonamientos a veces son exagerados (hay quien indica que este dispositivo "revolucionario" permitirá acabar con sistemas de calentamiento convencionales de alimentos como los hornos) o infantiles (entre los inconvenientes, a veces se señala que hay "poca" cantidad de chocolate o que sabe mal). En otros casos, manifiestan una imagen algo "mágica" de la Ciencia (hay quien opina que no se puede calentar la bebida por el principio de Le Châtelier (¡!) sobre el equilibrio: ¡aunque observaron el calentamiento en el aula y el efecto no tiene nada que ver con consideraciones de equilibrio químico!).

Pero todas estas consideraciones señaladas, que permiten detectar deficiencias conceptuales "antes" del examen final, se ven acompañadas de razonamientos bastante

adecuados, que permiten observar que los alumnos sí están interesados por lo que aprenden y que tienen inquietudes científicas.

Otro aspecto importante es que los alumnos observan que en clase de “teoría” se pueden obtener resultados experimentales. A veces consideran la separación de teoría (= clase) y práctica (= laboratorio) de forma casi contrapuesta. Por otra parte, la comparación entre valores calculados y experimentales, les ayuda a comprender el sentido cuantitativo de la Química y la existencia de aproximaciones en los cálculos.

Por el hecho de ser alumnos de Ingeniería se incide en aspectos prácticos (cuestiones h e i), con lo que aprecian que el diseño y la valoración económica (aunque hay quien indica que el producto es muy barato) son aspectos de interés.

En la discusión en el aula, una vez corregidos todos los ejercicios, surgen temas de interés, incluso a veces no previstos por el profesor. Por ejemplo, en una ocasión surgió el hecho de que el detalle con el que el fabricante informa de la bebida, indicando que contiene cloruro cálcico, puede inspirar desconfianza en el consumidor. Cabe señalar que este tipo de actividades permite también introducir a los alumnos en la valoración de la importancia del etiquetado de los productos.

La experiencia del autor con esta actividad y otras similares (5), desarrolladas en el aula, le permiten sugerirlas para llevar a la práctica docente de la Química universitaria algunos aspectos que sugieren las tendencias de innovación educativa contemporáneas (8,9).

AGRADECIMIENTO

Se agradece a la Universidad Politécnica de Madrid por la financiación del trabajo, a través del proyecto de *Nuevas metodologías para la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje de la Química* (2006/07).

REFERENCIAS

1. M.T. Oliver-Hoyo *et al.*, *J. Chem. Educ.*, **2004**, Vol. 81, 441-448.
2. M.T. Oliver-Hoyo, J. College Science Teaching, **2006**, Vol. Jan.-Feb, 42-47.
3. P.B. Kelter, M. Mosher, A. Scott, *Chemistry: The Practical Science*, Houghton Mifflin (2008).
4. J. Bell *et al., Chemistry: A Project of the American Chemical Society,* W. H. Freeman & Co. (2005).
5. Páginas *Web* de “Didáctica de la Química y Vida Cotidiana” (accesible en mayo de 2007): http://quim.iqi.etsii.upm.es/vidacotidiana/Inicio.htm.
6. J.G. Stark, H. G. Wallace, *Chemistry Data Book*, John Murray, Londres (1980).
7. Dirección *Web* del fabricante de la bebida (accesible en mayo de 2007): http://www.calientecaliente.it/
8. G. Pinto, A. Chávez, L. Yunqi, J. Xu, *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, **2005**, 101 (3), 37-43.
9. G. Pinto, *The Chemical Educator,* **2005**, Vol. 10, 317-319.

LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD: INVESTIGAMOS ESTE PROBLEMA

Andrés García Ruiz [a], ***Mª. Dolores Castro Guío*** [b], ***Rafael Gómez Fernández*** [c]
[a] Departamento de Didácticas Específicas, Universidad Autónoma de Madrid
[b] Departamento de Física y Química, IES Atenea, 28945 Fuenlabrada (Madrid)
[c] Departamento de Física y Química, IES El Olivo, Felipe II, 11. 28980 Parla (Madrid)
andres.garcia.ruiz@uam.es

En el presente trabajo planteamos una propuesta didáctica, basada en la resolución de problemas, para aplicar en las clases de didáctica de ciencias experimentales. Planteamos un problema ambiental actual, como es el de la calidad del aire en nuestras ciudades, para observar y analizar las visiones de los estudiantes, intentando inculcar una adecuada formación científica para favorecer una actitud de ciudadanos responsables.

1. EL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS

El aprendizaje basado en problemas (ABP) es un método didáctico basado en la utilización de problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos.

Es una estrategia encaminada a promover habilidades de resolución de problemas, que favorece el aprendizaje cooperativo y el pensamiento crítico, a través de la resolución de problemas reales, generalmente interdisciplinares.

Las características fundamentales del APB son las siguientes (1):

- Se trata de un aprendizaje centrado en el alumno (2), ya que este debe tomar la responsabilidad de su aprendizaje, identificando los elementos necesarios para su resolución, localizando las fuentes de información necesarias.
- Genera el trabajo en grupo, ya que es recomendable aplicar esta técnica didáctica con grupos formado por un número pequeño de alumnos.
- El profesor adquiere el papel de facilitador, ya que es el encargado de plantear preguntas a los alumnos y les ayuda a encontrar la dirección adecuada para la resolución del problema.
- Los problemas generan habilidades de resolución real, ya que se les suele plantear problemas de la vida real, o lo más cercano posible a una situación real, relacionadas con el contexto del alumnado.
- El aprendizaje autodirigido genera nuevos conocimientos, ya que se espera que los alumnos aprendan a partir del conocimiento del mundo real y de la acumulación de experiencias de su propio estudio e investigación.

Esta técnica didáctica, se plantea cada vez más como una alternativa para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Experimentales, ya que el alumno es quien resuelve los problemas y los entiende por él mismo.

Entre los beneficios del ABP podemos señalar (3) que aumenta la motivación, ofrece respuesta a la cuestión ¿para qué sirve estudiar esto?, promueve el pensamiento, alienta la necesidad de aprender a aprender y promueve la metacognición.

Existe un buen número de problemas de la vida real susceptibles de resolverse en la enseñanza de las diferentes áreas de Ciencias Experimentales, fomentando la educación en la Ciencia para la acción, y para la relevancia social, que tiene como objetivo ayudar a formar futuros ciudadanos para la acción y considera a los adolescentes como ciudadanos que tendrán su lugar en la sociedad (4).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

"La calidad del aire en la ciudad" lo planteamos desde la perspectiva teórica de modelos didácticos y resolución de problemas y aplicando el modelo de investigación para resolver problemas (5).

El tema lo podemos encuadrar dentro de los denominados problemas ambientales (6), en la que se plantean una serie de posibles situaciones reales que se pueden abordar en el aula con esta metodología, enfocando nuestro planteamiento en vez del tratamiento clásico de la contaminación atmosférica, desde un punto de vista novedoso ligado a la sostenibilidad, como es la calidad del aire.

La presente experiencia la hemos realizado con alumnos de 2º de Formación de Profesorado, 2º de Bachillerato y 4º de ESO.

Partimos de una noticia aparecida en el diario El País, el 6 de julio de 2006, complementada con otras informaciones aparecidas en otros medios de comunicación entre esos días sobre la contaminación en Madrid.

La noticia contenía información relativa a la contaminación del aire en Madrid, en la que se aportaban datos de las 27 estaciones de medición situadas en la capital de España, destacando la preocupación por los niveles de partículas en suspensión (PM-10), que estaban relacionadas con las obras, el tráfico y la industria.

Para informar al alumnado sobre el tema, se comenta la normativa sobre calidad del aire, que establece que, para reducir los daños que la contaminación produce sobre la salud de los ciudadanos, el aire no debe contener más de 50 microgramos de partículas por metro cúbico, así como que sólo puede superarse durante un máximo de 35 días al año este límite. En los datos suministrados durante el primer trimestre de 2006, este límite se había superado en 12 zonas de la capital.

3. RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA

El proceso de resolución de problemas seguido contempla las siguientes etapas y tareas que los estudiantes deben realizar:

1. Abordar el problema, mediante la lectura de una información determinada, partiendo de los conocimientos previos sobre el tema.
2. Definir el problema, mediante la comprensión de la cuestión planteada, analizando y clasificando la información recibida.

3. Exploración del problema, tratando de descubrir el problema real y las ideas principales, elaborando hipótesis sobre el mismo.

4. Plantear la solución, delimitando los subproblemas a resolver y estableciendo los pasos necesarios para hacerlo.

5. Diseño de un plan para el desarrollo de la solución, mediante una metodología adecuada, teniendo presente los conocimientos previos y otros nuevos adquiridos.

6. Evaluar el proceso, valorando la solución, el proceso y lo que se aprendió para resolver el problema.

En todos los casos hemos planteado el tema con un enfoque ambiental, con un informe general sobre calidad del aire y contaminación atmosférica, origen, tipos de contaminantes y sus efectos, y estrategias de lucha contra la contaminación atmosférica.

En el grupo de universitarios, encaminamos la resolución hacia la prevención de la contaminación atmosférica, orientando los trabajos hacia las posibles actuaciones como formadores de futuros ciudadanos para mejorar la calidad del aire urbano. La mayoría de los grupos se fijaron además de en los recursos didácticos existentes para mejorar la calidad del aire, en la futura ley de calidad del aire, por la que se creará un sistema de comercio de emisiones. Entre los aspectos tratados se resaltan las medidas de control o supresión de las actividades que sean significativas en situación de riesgo, incluido el tráfico.

Plantearon prácticas sencillas individuales para reducir el aporte personal a la contaminación del aire, entre las que podemos señalar:

- Reducir el uso del automóvil.
- Usar más los medios de transporte público y la bicicleta para los desplazamientos personales.
- Caminar más.
- Consumir preferentemente alimentos orgánicos.
- Evitar el uso de pinturas, aceites y disolventes en días de elevadas concentración de ozono.
- Evitar el uso de maquinaria también en días de niveles elevados de ozono.
- Reducir el consumo de electricidad para contribuir a la disminución de las emisiones de óxidos y partículas.

En los grupos de 4º de ESO, planteamos el problema, pero utilizando la variante de las nubes de polvo que suelen producirse en algunos momentos en nuestras ciudades. Plantemos primero la foto de una noticia aparecida en el diario El País en 12 de julio de 2006 titulada: “No eran nubes, era polvo”. Al ver la foto todos los grupos de alumnos achacaron el aspecto del cielo a la contaminación atmosférica, ligándola con el aumento de tráfico y el uso de calefacción. Una vez que observamos que ningún grupo había pensado en la idea de que pudiera ser debida a una masa de aire procedente de África, les entregamos la noticia completa.

La mayoría de los grupos no encontraron una solución adecuada, ya que al tratarse de un fenómeno natural es difícil de resolver y todas las respuestas fueron

encaminadas a reducir el tráfico y el uso del aire acondicionado, los días que se produzcan las condiciones meteorológicas favorables para este fenómeno.

En el grupo de Bachillerato, planteamos el problema desde un enfoque CTS, partiendo de una noticia aparecida en el diario El País, el 1 de mayo del 2000, sobre los niveles de ozono en algunas zonas de Madrid y ciudades de la región. El planteamiento del problema se basó en el enfoque ambiental, económico, social y tecnológico del tema. La parte ambiental fue abordada mediante la elaboración de informes detallados sobre las implicaciones del aumento del nivel de ozono en el ambiente y la salud. Otros grupos elaboraron informes sobre la tecnología aplicada en las ciudades para detectar los niveles de ozono, así como de los posibles fallos que pueden ocurrir en los medidores y las consecuencias que puede conllevar.

4. CONCLUSIONES

La experiencia ha resultado satisfactoria, sobre todo en los niveles superiores, ya que en cuarto de ESO, tal como hemos señalado, resultó dificultoso el relacionar el tema de la calidad del aire con fenómenos naturales. En todos los niveles el alumnado ha tenido que indagar, buscar información y sugerir soluciones al problema planteado.

Los casos planteados constituyen ejemplos que podemos utilizar en la resolución de problemas como investigaciones desde un planteamiento ambiental, utilizando variantes a los casos típicos de la contaminación atmosférica.

Respecto a los resultados obtenidos mediante el uso de esta metodología, los alumnos coinciden en los beneficios que tienen estas estrategias didácticas para informarse sobre temas de actualidad, para poder actuar como futuros profesores y sobre todo como personas.

REFERENCIAS

1. J. Barrel, *Aprendizaje basado en problemas, un enfoque investigativo,* Ed. Manantial, Buenos Aires (1999).
2. P. Ram, *J. Chem. Educ.*, **1999,** Vol. 76,8.
3. J.A. Molina, A. García González, A. Pedraza, M.V. Antón, *Rev. Red Estatal Doc. Univ.,* **2003,** Vol. 3(2), 79-85.
4. P. Mimbiela, *Enseñanza de las Ciencias,* **2002,** Vol. 20(3), pp. 443-450.
5. D. Gil-Pérez, *Enseñanza de las Ciencias,* **1993,** Vol. 7, pp. 71-80.
6. F. Perales, *Resolución de problemas*, Ed. Síntesis, Madrid (2000).

PROPUESTA DE TRABAJO POR PROYECTOS EN LA ENSEÑANZA DE FÍSICA Y QUÍMICA

Rafael Gómez Fernández [a], Andrés García Ruiz [b], Mª. Dolores Castro Guío [c]
[a] Departamento de Física y Química, [b] Departamento de Biología y Geología
IES El Olivo, Felipe II, 11, 28980 Parla (Madrid)
[c] Departamento de Física y Química, IES Atenea, 28945 Fuenlabrada (Madrid)
agarciruiz@hotmail.com

En este trabajo presentamos una experiencia sobre aprendizaje en la Didáctica de las Ciencias Experimentales en Educación Secundaria. Se trata de un proceso orientado a fomentar el aprendizaje por proyectos del alumnado, basado en la construcción de nuevas formas de relación entre los conocimientos y los individuos. Los proyectos realizados fueron todos sobre energías renovables.

1. INTRODUCCIÓN

La base de esta propuesta consiste, en que el alumnado, a la hora de enfrentarse con esta asignatura, no la vea como algo muy complicado y difícil y termine abandonándola. Para conseguir que se estimule intentamos que empiece a desarrollar y utilizar otras capacidades dentro del sistema de enseñanza-aprendizaje como son la indagación y la investigación.

La metodología consiste en que, una vez desarrollados una serie de temas por el profesorado, el alumnado realice un proyecto que tendrá que cumplir una serie de condiciones prefijadas por el profesorado. De esta forma se les empieza a estimular a los alumnos en el mundo de la creatividad, indagación y de la investigación.

Esta propuesta también tiene como objetivo que el alumnado aprenda y se acostumbre a trabajar en pequeños equipos y aprenda de esta forma a compartir ideas, opiniones, reparto de tareas, realización de las mismas, responsabilidades, etc.

También se pretende en esta propuesta que ellos solos desarrollen una idea con el apoyo del profesorado cuando ellos lo soliciten, y de esta forma inculcarles la Ciencia de un modo práctico, para conseguir que los conceptos que van aprendiendo no se les olviden de forma rápida, así como el desarrollo de sus habilidades y destrezas.

El aprendizaje basado en proyectos constituye un modelo de instrucción en el que los alumnos planean, implementan y evalúan proyectos que tienen aplicación en el mundo real, más allá del aula (1-3).

Se recomiendan actividades interdisciplinares, de largo plazo y centradas en el estudiante. Finalmente, se señala que este enfoque motiva al alumnado para aprender porque les permite seleccionar los temas que le interesan y que son importantes para su desarrollo como futuros ciudadanos (4).

2. OBJETIVOS A CONSEGUIR CON ESTA PROPUESTA

Los objetivos que se persiguen son:

- Aprender la Física y Química además del conocimiento con la realización de proyectos.
- Descubrir nuestro entorno.
- Descubrir los fenómenos que en él ocurren.
- Comprender los fenómenos que en él ocurren.
- Construir una vez analizado el entorno.
- Adquirir destreza manual.
- Adquirir una capacidad crítica.
- Ser capaces de relacionar ideas.
- Aumentar el poder de observación.
- Aprender a describir lo que queremos hacer.
- Fomentar la investigación bibliográfica.
- Jerarquizar ideas.
- Aprender a sintetizar y construir.
- Aprender a trabajar con distintos materiales.
- Ser capaces de trabajar en equipo.
- Aprender a compartir ideas para llegar a una común.
- Ser capaces de realizar una maqueta a través del boceto elegido.
- Comprobar si los objetivos propuestos en el proyectos de cumplen.
- Aprender a rectificar.
- Respetar el bien común.
- Responsabilizarse del trabajo.
- Sentir que la actividad de cada uno influye en los demás.

3. PROCEDIMIENTO

3.1. Hoja de trabajo

Primero se empieza por la organización de los grupos de trabajo, donde los alumnos se distribuirán libremente en grupos de cuatro personas como máximo. En este momento el profesor entrega la hoja de trabajo, que consiste en un documento donde se indica: el nombre del proyecto, una breve descripción, los materiales y herramientas que se van a emplear, los nombres de los componentes del grupo y los cargos de cada uno de ellos, como se recoge en el siguiente esquema.

HOJA DE TRABAJO

NOMBRE DEL PROYECTO

BREVE DESCRIPCIÓN

MATERIAL	HERRAMIENTAS (UTILIZADO)

APELLIDOS Y NOMBRE DE LOS COMPONENTES DEL GRUPO

DISTRIBUCIÓN DE CARGOS Y TAREAS

COORDINADOR/A: COMENTAR LAS TAREAS REALIZADAS POR CADA MIEMBRO DEL GRUPO

Esta hoja se la entregan al profesor para que pueda realizar el seguimiento

3.2. Informe técnico

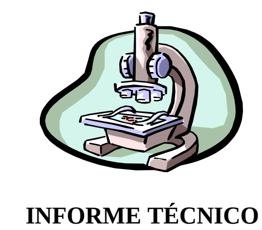
Una vez rellena la hoja de trabajo y entregada al profesor se les entrega el informe técnico; en él es donde queda reflejado el desarrollo de todas las capacidades de creación, indagación, investigación, etc.

Este informe es interdisciplinario, pues además de los conocimientos de Física y Química para su desarrollo se necesita la realización de bocetos y planos. Luego tendrán que utilizar conocimientos de Educación Plástica: manejo y destreza de materiales y herramientas como de construcción de maquetas, conocimientos que se adquieren en Tecnología.

Además, no debemos olvidar que en todo momento se esta trabajando con el método científico, donde el alumnado tendrá que efectuar hipótesis y comprobar

mediante la realización del proyecto que se cumplen, y si esto no fuese así, tendrán que modificar la hipótesis inicial.

A continuación se muestra el *dossier* que constituye el informe técnico que, según se presenta, se da uno a cada grupo de alumnos que tendrán que cumplimentar y después entregar al profesor junto con la maqueta construida.



INFORME TÉCNICO

TÍTULO DEL PROYECTO

....

AUTORES:

ÍNDICE (Paginado)

1. MEMORIA

1.1. EXPOSICIÓN DEL PROYECTO
(Comentar cómo va a ser el proyecto)

1.2. CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR EL DISEÑO
(Comentar lo que se va a ver y cómo funciona)

1.3. INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTACIÓN
(Indicar las fuentes consultadas)

1.4. ALTERNATIVAS DEL PROYECTO
(Comentar las posibles alternativas que se pueden realizar para el funcionamiento del proyecto, para el caso, de que este no funcionase)

1.5. ELECCIÓN DEL BOCETO A REALIZAR RAZONANDO LA DECISIÓN

2.PLANOS

2.1. BOCETOS

2.2. PLANO DEL BOCETO ELEGIDO

2.3. PLANOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO

2.4. PLANOS DEL SISTEMA MECÁNICO

2.5. PLANOS DE MONTAJE
(dibujar las piezas empleadas y numerarlas)

3. PLANIFICACIÓN

3.1. REPARTO DE TAREAS

AUTORES:	TAREAS:

3.2. MATERIALES
(Referente a los despieces)

Número de pieza	Unidades	Tipo de material	proceden - cia	Utilidad

3.3. HOJA DE HERRAMIENTAS

Número de herramientas	Tipo de herramienta	Utilización de la herramienta

4. PRESUPUESTO			
Unidades	Artículo	Precio Unitario	Precio total
AUTOR: FECHA:		Importe neto IVA 16% Importe total	

4. EVALUACIÓN

La evaluación se realiza: primero por la exposición del proyecto, donde cada alumno del grupo expone la parte realizada por él; segundo, por la realización de la maqueta y el grado de consecución de los objetivos planteados al principio; y tercero, por la realización del informe técnico.

Se realiza un proyecto por trimestre.

En las siguientes figuras (1 a 3) se muestran las fotografías de algunos proyectos realizados.

REFERENCIAS

1. W. Blank, *Authentic instruction,* Ed. Blank & Harwell, Florida (1997).
2. K. P. Dichinson *et. al.*, *Providing educational servicies in the Summer Youth Employment and Training Program* (1998).
3. S. Harwell, *Project-based learning,* Ed. Blank & Harwell, Florida (1997).
4. L. G. Katz, S. C. Chard, *Engaging childrens´s minds* (1989).



Figura 1. Alumbrado de una calle y semáforo mediante energía fotovoltaica.



Figura 2. Vehículo solar (fotovoltaico).



Figura 3. Molino que funciona con el agua de lluvia.

THE CASE FOR INTERACTION IN THE LARGE LECTURE[2]

Paul B. Kelter
Professor of Education and Professor of Chemistry
Department of Teaching and Learning, Northern Illinois University, USA
paulkelter@yahoo.com

I discuss two core principles of education that govern my work with the large lecture class, which is the predominant educational vehicle for first-year chemistry students in the United States. I extend these core principles to how we involve students in the classroom discussion, even in classes of 300 students or more. I present and respond to the questions I am most often asked that raise concerns about interacting with students during the large lecture.

1. INTRODUCTORY REMARKS

For the past 27 years, my primary teaching responsibility has been first-year general chemistry, with typical class sizes ranging in the low hundreds. My most recent three years of teaching have included classes of about 320. I've taught a total of about 12,000 first-year students at the honors, mainstream and preparatory chemistry levels in the past 27 years. And whatever success I've had comes from the things I've learned with my "beginners mind," a martial arts term that means, roughly, seeing everything as an opportunity to learn.

In class, I always arrive early and spend a few minutes before the class begins saying hi to as many students as possible and asking them about their yesterday or their weekend or their plans for the upcoming weekend. My first words to the entire class are always to thank them for the opportunity to be with them and to share ideas together. I always let them know how lucky I feel to get to spend the next hour with them, and most, though not all, of the time, I actually feel that way. Still, even on those days when I'd rather be anywhere else, I still say this to the class, because they need to know I value them. And hearing that I value them also lets them know that I will do the things as a teacher that shows them that I do value them - that they do matter.

2. THE CORE PRINCIPLES AND THEIR APPLICATION

This, then, is one of two most fundamental governing principles in my teaching. Let me state both principles as formally as I know how:

---

[2] Se ha mantenido este trabajo en inglés, por entender que es fácilmente comprensible para el lector en español con conocimientos del tema.

1. You matter.
2. You learn best what you feel.

That's it, nothing fancy – nothing especially philosophical in nature. Nothing that presumes a sense of purpose on behalf of the students, because each one has his or her own reason for being there. All I ask is that they come if they wish, and if they don't want to be there, please stay far away. I'm lucky to get high attendance on most days, and I have a 2 to 5% drop out rate over the years as a chemistry teacher. All aspects of my teaching, and, more broadly, my interaction with the rest of the world, are an outcome of my two not-so-philosophical underpinnings. Here are some examples of how these ideas - you matter, and you learn best what you feel - extend to all aspects of my teaching.

I always begin my large lectures with questions about where we have been and where we are going. I lead with my questions. I do this because this is what thinkers do, and it seems to me that a primary goal of higher education is to help students learn how to think in a way that is most possible with the guidance that we as college faculty can provide. We often poke fun at the "scientific method" as a set of arcane rules that nobody follows. But the truth is that all scientists, and just about all of us who systematically want to know about the world around us, follow them to the letter. That is, I take it as a given that we have curious minds - it defines us as human. And as such, curiosity is not subject-specific. When we are curious, we want to know about our world. The first part of knowing is asking yourself what it is you want to know, and then setting out to get answers in as rational a way as possible. We then look at what we have learned, see if it makes sense in the context of what we already know and what we wanted to know, we decide if we've learned enough and are ready to move on, or if we wish to gather more information. We see where our new understanding leads. This is what we do. Making the connections among seemingly disparate ideas, having a continual hunger to learn more, and knowing how to learn it, both with others and independently, is the primary gift of a postsecondary education. I ask questions because this is what we do, and if we want to help students have this gift of organized, independent curious thought, then we ask them questions as a way of developing this understanding in them. I typically ask between 60 and 100 questions per 50-minute lecture. I very rarely "lecture" in the formal sense, and I find it distasteful to do so.

Question-led classes do other things as well. From the standpoint of student assessment, questions are a very powerful and minimally threatening way of finding out if our students understand a particular concept. It is better to find this out before students do poorly on an exam, which is the maximally threatening method of assessment. In addition, your questions are your most powerful teaching tool, because your questions direct students' minds in a way that lectures do not. Questions also involve students in what Parker J. Palmer describes in his marvelous book "The Courage To Teach," (Jossey Bass Publishers, 1998) as a "community of truth," essentially a community-based subject-centered search for understanding.

In my classroom, I ask questions in context, questions meant to assess, questions meant to direct, to inform, to lead, to involve, to perturb, to make connections, and mostly to learn what the students are thinking, because they matter to me. Many students do not answer, and that's OK. Peer pressure is very high, and students are sometimes shy - we all are. But that doesn't mean that they are not thinking about the ideas that are pulsing back and forth among us in the class. There are those who say that cooperative learning strategies are better than other strategies. I don't agree with this, otherwise I would never pick up a book, because it would be an inefficient way to learn. There are all kinds of ways to learn, and there is no 'best' way for all. However, in terms of the great lessons we want to teach, regardless of our specific subject area, "leading with your good questions" is, in my mind's eye, a most useful facet of good in-class practice. In addition, Palmer points out that given the choice between classroom lectures and self-study via books or on-line courses, he prefers books and on-line courses because lectures do not give you time to think about ideas and review ideas as you encounter them, whereas you can re-read books and click all over the place as much as you wish with on-line work. In essence, you can learn at a pace that is effective for you, rather than the teacher. This is a student-centered, rather than teacher-centered, approach.

I haven't had much to say up to this point about the second governing principle of my teaching, "you learn best what you feel." Two years ago, I went to a concert given by the rock and roll star Prince last year with my son, Seth. At the end of the performance, we, along with 18,000 people of all ages and backgrounds stood and clapped and stomped our feet and screamed with joy for 10 minutes. When was the last time people stood and clapped and stomped their feet and screamed with joy for 10 minutes at a chemistry lecture? No matter what type of music you like best, going to a Prince concert is a wonderful experience. He's the best in the world at what he does, and as long as you take a set of earplugs, you can take it all in and never stop smiling.

Each of us has music that we listen to and the world is OK again. As I typed these words, I was listening to the first movement of the 5th Brandenburg concerto, the first piece of classical music I fell in love with when I was 16 and sitting in a Music Appreciation class in my freshman year at the City College of the City University of New York. I have no recollection of the rest of the course, or of any other course that year, except for a chemistry course taught by a fascinating man from England named Neil McKelvie, who became a role model for me, even though he never knew it. Think for a moment about your most memorable experiences from your undergraduate days, and think about how many of them involved feelings rather than ideas, per se. Now I'm not trying to sound like a self-help guru. I am, however, specifically suggesting that ideas that evoke emotions, or emotions that evoke ideas, and the association between the two brings the ideas home far more powerfully than the absence of feeling. If you think about the things you liked about your own college teachers and the things that you disliked, you will find an unusually large fraction of

your list will center on emotional issues - she cares, she's funny, she's warm, or she's boring, she's angry, she's impatient, and so forth.

Here is how I teach using this governing principle. First, interesting is better than boring, and if the students see a pleasant professor, they will warm up and enjoy his or her company much more than someone who is not nearly as alive. I'm not suggesting that anyone needs to be crazy in the classroom, though I have such days. Rather, the students know if they matter to you - they have excellent radar in this regard. Next, I lead with my case studies. Every single topic in chemistry - every one, from quantum mechanics - especially quantum mechanics - to equilibrium has many most fascinating examples that chemistry students ought to know about and I enjoy sharing with them. For example, my discussion about applications of equilibrium might begin with EDTA and why it is used in bread, heart attack prevention, and hard water analysis.

I might talk about aluminum recycling in our discussion about chemical mathematics. We discuss the properties that go into drug-delivery tubing when we discuss the metric system and SI units. Students don't have to know chemistry. No one has to know anything. However, I find chemistry to be a delightful subject that has one of the two most important ideas ever elucidated in 400 years of experimental science, that being the existence and organization of the periodic table (the other is biological evolution).

Also, the uses to which chemistry is put are most interesting, and the ideological connections that we try to make in my class are important because making connections among the big ideas is a unifying theme of higher education. We are guides for our students in this process.

Here are some questions, along with brief responses, that I am often asked when discussing the case for interaction in the chemistry (or any other!) classroom.

2.1. In an age where most instructional resources and assets can be accessed online, hasn't the purpose of class time changed? And if so, shouldn't the arrangement of learning and class activities correspondingly be changing?

If we believe that teaching is fundamentally about the back-and-forth communication of ideas so that we reach understanding and seek to continually seek to expand our, and our students' understanding and ability to think well, then the classroom is as important as ever, if not more so. On-line education allows for limited interaction and self-study, though most instructors and students don't use it that way, because one of the purposes of on-line courses is education on demand - the time demand of the learner, typically. Since the ability to truly compare ideas, and to have an entire class being part of the comparison (even if most of the class is, at any one time, witnessing, rather than participating) is lost in on-line education, one of the primary missions of education is therefore lost if we shift the balance too far to on-line education. I know fewer things (other than a Prince concert) more fascinating, uplifting and educationally meaningful than a vibrant class.

2.2. Is the era of large group lecture classes over?

All indications are that large group lectures are, if anything, going to become the more prevalent model. I say this because of my own experience at my former institution, where the first-year program has grown nearly 40% in the past 2 years and the number of instructors has been reduced due to cost constraints. Why did this happen? Because at public universities nationwide, financial and political considerations have caused public funding for our campuses to be sharply reduced. Several states, including Virginia, have called for their state universities to be renamed as private because they are receiving so little state aid that they are not really publicly supported state universities at all. At the same time, operating expenses from research and teaching grants, as well as base resources, are increasingly going into recruiting "all-star" researchers whose primary purpose is not service course instruction. Therefore, mass instruction by non-tenured academic professionals in large lecture formats will grow.

2.3. In the large lecture class, most students don't answer and prefer to sit and listen to others. What can be done about this?

This is such a vital question. My long-time friend, and master teacher, Bill McLaughlin says that as teachers, we sell ourselves along with our material. Part of creating a safe haven for students to take the risk of answering a question is to know that you support such behavior. My own way of doing this is to set the tone from the first second of class that this is what we expect in this class. Setting clear expectations is vital, and answering and asking questions is part of the tone - in fact is deeply imbedded in the culture - of my class. I don't expect, nor I particularly care, if everyone doesn't answer. Many people are shy. It's who they are, and I'm not a fan of giving grade-related credit for answering questions. I think it penalizes shy students. Also, we should keep in mind the power of classroom silence as a teaching tool.

2.4. When we take time to answer individual student questions or ask for comments, this often takes a great deal of class time. Then I can't get through all the planned material. I want to incorporate student input, but also need to cover required content. Any suggestions?

This question is at the very core of the notion of teaching v. telling. I am a slow teacher - not an easy one (my class GPA is typically about 2.4), but a slow one ONLY in the sense that I don't often cover everything I would like. The key question is, "What is it we want to do in the course?" For courses that are a prerequisite for more advanced courses, there are a good many things that students need to know. However, we find that most students can pick up things that weren't covered in the foundational course if that foundational course developed in them the skills and the hunger to know how to know. What I am saying here is that we need to ask ourselves, "As a result of

our teaching, what is it that we want our students to know 5 years from now?" We will likely answer not with specific details of an equation or a date in history, but rather, a sense of the big ideas of our subject and how it connects to the rest of the world around us. This means that it is the making sense of the ideas that is the key, not the specific amount covered. I often go all over the place in a class period in response to student questions, though I insist on bringing the disparate points together - that is the importance of making connections. But I also typically cover, perhaps, 80% or 90% of the content I set out to cover. My students score about the same as others on common and national final exams, and do quite well in the next courses, all the while having a very low attrition (drop out) rate. I therefore have worries about not covering all the content. As long as your students can make sense about what is covered and deepen their understanding and intellectual independence as a result, you've done your job.

2.5. What are some common problems associated with an interactive class. Specifically, how does one ensure that discussions stay on topic? Further, what is the student/professor relationship in an interactive situation (i.e., does the professor control or moderate discussion)?

We have the experience, knowledge and responsibility to lead the discussion. Students rely on us for this leadership. The major problems are the teacher's lack of patience, the impact of peer pressure, and students coming to class unprepared. Teachers must be prepared to wait. Ten or 15 seconds after asking a question is perfectly OK. Silence in a classroom is uncomfortable, but it's also fine. Many times, students will have an answer nearly instantly, but require 6 to 8 seconds to overcome peer pressure and decide that the risk of answering is OK. Our responsibility is to make sure that the student is supported in the response, and made to feel appreciated for taking the risk. This doesn't mean we accept incorrect answers. Rather, that there are all kinds of ways that we can use the answer to build upon by all the students. Regarding staying on-topic, we have to give a good deal of latitude with our own sense of what is "on topic." There are all kinds of branches off the main tree trunk that we need to take in order to help students find clarity in the ideas. As long as we keep in mind the central big ideas, and return to those – even at the risk of cutting off discussion on a tangential topic – we will be fine, and the students won't mind.

2.6. How do we engage a class other than having small group activities, which has been successful, but not appropriate for every lecture?

We often make the assumption that "engagement" is measured by the amount of either hands-on or cooperative group activities. I don't think this is necessarily the case. A learner can be engaged and quite happy reading a good book. Even though I firmly believe in interactive lectures, there are some lecturers who are so good with PowerPoint that their lectures are visually and organizationally brilliant, and the students are engaged, though it is not obvious. However, there are many ways to have

students work together. Perhaps the best new way takes advantage of “Clickers”, in which the teacher designs and asks all manner of questions of the entire class, and the students respond en masse using their clickers, which have “A” – “E” choices that they can click, with the results of the class’s voting displayed on the screen for all to see. This is also a great assessment technique, and gets the shy to respond.

2.7. How do we deal with students thinking they should be "fed" information and given an outline to study from so they can just regurgitate what we tell them? Rather, how do we create an atmosphere of comfort so they can be active participants in a class with a more open, actively thinking format?

Hopefully, such students will buy into our system, because they see that it is very interesting and that what we are trying to teach has little to do with regurgitating material. Rather, the way in which we teach should reflect the educational goals of the course, along with our underlying philosophy of teaching. Since my class is not about feeding and simply giving back information, such an attitude by a student misses the point. Yet there are students like that, and there is sometimes not a whole lot we can do. My main hope is that they skip class, come only to the exams, and don’t fuss when they get whatever grade they get. I don’t mean to sound dismissive. Rather, we work hard for our goals, and there will always be students who will insist upon different goals. We cannot let this bring us down. We must always enjoy our time with those who want to know.

Parte II

Nuevo Enfoque Metodológico Universitario. Crédito ECTS

UN NUEVO ENFOQUE DEL APRENDIZAJE EN EL ESCENARIO DEL EEES

Ángel Valea Pérez, Mª. Luz González Arce
Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente
Universidad del País Vasco (E.H.U.)
Escuela de Ingeniería Técnica Industrial, Plaza La Casilla, 3, 48012-Bilbao
iapvapea@lg.ehu.es

En la actualidad, hablar del trabajo en equipo es un tópico generalizado en cualquier actividad humana. El exponencial crecimiento de la Ciencia y la Tecnología de los últimos cincuenta años ha hecho imposible abarcar no ya el conocimiento, sino una sola área del mismo; en consecuencia, el trabajo en equipo se hace imprescindible. Sin embargo, el ser humano no es un ser social, es en todo caso moderadamente sociable, lo que significa que, para conseguir eficacia en el trabajo en equipo necesita preparación y entrenamiento. Las directrices del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) reconocen esta competencia como objetivo que es necesario alcanzar y, por tanto, debe incluirse en el Plan Formativo universitario.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, considerar la necesidad de trabajar en equipo es una característica que se demanda en la mayoría de las actividades cotidianas y profesionales. En el ámbito del trabajo del profesorado, la toma de decisiones de carácter curricular u organizativo, la búsqueda de soluciones a los problemas, la solución de conflictos y, en definitiva, el establecimiento de consensos nos lleva casi indefectiblemente al trabajo en equipo.

Para que se produzca una intensa participación en el trabajo cooperativo deben satisfacerse una serie de requisitos, entre los que cabe citar:

1.- Que el grupo esté formado por personas que tengan intereses comunes.

2.- Que dispongan de tiempo para dedicarlo a la búsqueda conjunta de soluciones.

3.- Que tengan voluntad de conseguir los fines que se plantean.

4.- Que los fines se integren en un proyecto común.

5.- Que sean dueños del proceso (es decir conocedores del mismo) y que la actitud que adopten sea de respeto, tolerancia al pluralismo de ideas.

6.- Que se produzca un reparto de tareas para alcanzar los objetivos.

7.- Que las decisiones se lleven a cabo con la colaboración de todos los miembros del grupo.

Satisfacer estos requisitos no es fácil, como lo demuestran los estudios realizados desde la Psicología Social, que ilustran la dificultad añadida en el rendimiento individual como consecuencia de la presencia de otros. En el ámbito del profesorado, las capacidades para trabajar en equipo de una manera operativa y eficaz es una cuestión pendiente en la mayoría de los Centros, unas veces motivado por la escasa

formación en el modo de desarrollar tareas grupales, en otros casos por la falta de motivación por parte de quienes deberían pilotar el proceso, muchas veces carentes de toda capacidad de liderazgo, y en fin la mayoría de las veces complicado con una falta de motivación material o intelectual.

A pesar de estas dificultades, la tendencia es hacia el trabajo cooperativo y se preconiza la necesidad de que nuestros futuros alumnos tengan, entre sus competencias, la de trabajo en equipo.

Podemos plantearnos un cambio en el paradigma de la enseñanza, desde la situación anterior a las directrices del EEES hacia el nuevo estudiante, identificado con los objetivos del EEES.

El viejo paradigma de la enseñanza se fundamenta en la transferencia de conocimientos a unos alumnos pasivos, de forma que los docentes clasifican a los alumnos según un contexto competitivo e individualista basado en reglas establecidas por la tradición docente desde la escuela tomista.

La relación entre alumno y profesor son impersonales y se dan en el ambiente educativo, que conduce a la conformidad y la uniformidad cultural. Los alumnos deben aprender una materia, muchas veces de memoria, transmitido por un experto en la materia que está interesado en los contenidos más que en la forma en que estos contenidos se transmiten y se fijan.

El nuevo paradigma educativo establece que tanto los docentes como los alumnos son los que construyen el conocimiento, de forma que los alumnos desarrollan un papel activo, y el docente, al mismo tiempo que imparte conocimientos, es el encargado de desarrollar las competencias de tipo social o perieducativo. Esta forma de trabajo cooperativa origina unos vínculos entre profesores y alumnos en un ambiente de diversidad cultural tanto individual como social. De este modo, la enseñanza es una aplicación compleja de modelos, teorías, prácticas y desarrollo de habilidades que requiere una considerable capacitación por parte del docente, que tiene que practicar una mejora continua de sus habilidades y procedimientos, al tener que enseñan a sus alumnos un nuevo modo de aprendizaje basado en las relaciones interpersonales.

No hay que olvidar que el trabajo cooperativo exige una considerablemente mayor cantidad de tiempo que en la enseñanza tradicional jerarquizada. No parecen existir atajos y seguramente habrá que sacrificar contenidos del programa y renunciar a uno de los fines clásicos de la Universidad cual es el ser fedatario responsable de la transmisión del acervo cultural de la humanidad.

2. ESTRATEGIAS EDUCATIVAS

Dentro de la planificación educativa, independientemente de la materia a impartir, se establece una estrategia, o mezcla de estrategias, para llevar a cabo el desarrollo de las actividades con los alumnos. A continuación se describen sucintamente tres posibles estrategias: individualista, competitiva y cooperativa, para que sirvan como indicadores de referencia.

2.1. Estrategia Individualista

Vendría caracterizada por direccionar la actividad del aprendizaje hacia lo individual. Los alumnos reciben lecciones magistrales de forma pasiva, realizan las tareas que se les asignan y trabajan de forma independiente en sus objetivos de aprendizaje, siguiendo su ritmo y en sus espacios, de espaldas al resto de sus compañeros y el referente es uno mismo.

El progreso está basado en su propio rendimiento y los criterios son personales. Se convive con otros compañeros, pero no se interactúa de forma regulada y frecuente con ellos.

La estructura del aula es la de filas de mesas, colocándose los alumnos uno tras el otro; de esta forma se reduce la posibilidad de que se molesten unos a otros durante el trabajo.

Aunque deberíamos entrar en matizaciones, el progreso de cada alumno es independiente del número de alumnos, es un aprendizaje económicamente poco costoso ya que las infraestructuras necesarias son mínimas y los costes de mano de obra directa son exclusivamente los de los docentes.

Ciertamente deberíamos entrar en una escala de valoración, que no es el objetivo de este trabajo, ya que es posible mejorar esta estrategia empleando medios audiovisuales, T.I.C., etc., que no varían en lo sustancial la estrategia cambiando solamente la táctica educativa.

Los alumnos perciben que el cumplimiento de sus objetivos de aprendizaje no tiene elementos comunes con lo que hagan los demás compañeros.

2.2. Estrategia Competitiva

Ciertamente esta estrategia frecuentemente va ligada a la anterior, aunque no necesariamente. Se estructura en forma de competición, compitiendo en tiempo, cantidad, calidad o cualquier otro atributo.

El éxito del alumno está relacionado con el fracaso de otros compañeros, aceptándose implícitamente una dinámica olímpica, de ganadores y perdedores para evidenciar quién es el mejor. En este escenario competitivo los alumnos perciben que pueden alcanzar los objetivos, o al menos salir mejor parados, cuando el resto de sus compañeros no pueden alcanzar los propios, lo que ya de por sí tiene bastante de negativo. Esto puede justificar el elevado abandono que se produce en algunas asignaturas de los estudios universitarios, de forma que sólo aquéllos que se sienten capaces de superar a sus compañeros son los que trabajan duramente para alcanzar el éxito.

2.3. Estrategia Participativa o Cooperativa

En esta estrategia se planifican las tareas de forma que la cooperación es necesaria para realizarlas, es decir no se puede materializar el trabajo si no es con la

colaboración de todos. La idea es que los alumnos deben buscar resultados que resulten beneficiosos para el individuo, pero también para el resto de los miembros del grupo. Para lograrlo hay muchas vías, pero básicamente se trataría de que todos los grupos de estudio que se formen dominen cada uno una parte de la materia (asignada) de forma que una vez logrado sean ellos mismos los que se la hagan partícipe a los demás (siempre coordinados y moderados por el profesor). Esto asegura la mejora del rendimiento individual, y elimina la posibilidad de que uno de los grupos pueda "vivir" del esfuerzo de los otros. Mediante esta estrategia, los alumnos sienten que pueden alcanzar los objetivos de aprendizaje siempre que los demás integrantes del grupo también lo hagan. Por otro lado, parece que el conocimiento es más próximo al ser transmitido por un igual que cuando lo es a partir del profesor, al cual se le supone por definición en un plano intelectual diferente.

2.4. Estrategias mixtas

Probablemente dependiendo del tipo de materia o de la composición del grupo, sea necesario plantear una estrategia mixta compatibilizando las vías individual, competitiva y participativa. En este caso habrá que prestar especial atención a un adecuado balance en cuanto a los aspectos de la valoración para configurar la calificación final.

3. LAS TÁCTICAS EN LAS ESTRATEGIAS EDUCATIVAS

Apenas si es necesario discutir las tácticas en las estrategias individualista y competitiva, por lo que nos centraremos en la estrategia participativa. En esta estrategia es necesario formar grupos de trabajo que, en función del tiempo de interacción y de las herramientas utilizadas en la misma así como de la naturaleza de la misma, podemos denominar grupos instantáneos, grupos formales y grupos cooperativos.

Los grupos instantáneos son grupos que se forman específicamente para una determinada función, de duración corta en el tiempo; una tarea de unos minutos de duración, ejemplificar un problema, centrar la atención de la clase como recurso pedagógico o para centrar el tema que será objeto de estudio, quizá también al inicio de la clase o de la actividad para crear expectativas sobre el contenido o bien al final de la misma para resumir y destacar los aspectos mas relevantes, a la vez que nos informan sobre el grado de atención y del procesado cognitivo de los alumnos.

Estos grupos que hemos llamado aquí instantáneos por su corta duración temporal se incardinan siempre en el entorno de una actividad de enseñanza directa, sea lección magistral, demostración, etc.

La forma de manejar estos grupos instantáneos debe ser sutil y corta en el tiempo, ya que se pueden escapar fácilmente del control en el tiempo o bien dar la impresión de un excesivo intervencionismo por parte del profesor.

En el caso de que los grupos instantáneos actúen como “motivadores” al inicio de una actividad o bien como “resumidores” de una clase directa, puede pensarse en una duración de no más de 5 minutos de tiempo total, en el cual aproximadamente la mitad del tiempo se dedica a discusión entre los miembros del grupo y el resto del tiempo servirá para presentar el conocimiento que han adquirido, lo que servirá al profesor para planificar la siguiente clase de forma que la enseñanza resulte significativa.

En el caso de que los grupos instantáneos actúen durante la exposición se puede plantear como discusión por parejas de estudiantes (técnicas de cuchicheo) de duración de unos 3-4 minutos en intervalos de unos 15-20 minutos con el fin de que los alumnos piensen activamente en la materia que se les está presentando. Claro está que es fácil que con unos alumnos poco motivados este tiempo se dedique a otros fines. Para evitarlo, el profesor debe tener preparada una pregunta clave sobre la que se demanda respuesta. Cada miembro del grupo deberá elaborar su respuesta, la cual compartirá con su compañero, quien hará lo propio, y de las propuestas de ambos se propondrá una nueva respuesta que, idealmente, debería ser de mayor calidad que las respuestas individuales ya que habrán de utilizar procesos de asociación y síntesis para hacer la proposición final, la cual se expondrá al resto de la clase.

Los grupos formales serían grupos más estables, cuyo trabajo se alarga durante períodos variables de tiempo que pueden ir hasta más de una semana. En estos grupos, los alumnos trabajan conjuntamente para alcanzar los objetivos planificados, asegurando que todos los componentes individual y colectivamente alcanzan las tareas encomendadas.

La labor del profesor en este tipo de grupos es más crítica que en el caso de los grupos instantáneos, ya que el efecto multiplicador es mayor. Dicha labor del profesorado se resume en los siguientes puntos:

1.- Organizar la configuración de los grupos, de forma que el grupo sea realmente interdependiente.

2.- Definir los objetivos y el alcance de los mismos con claridad

3.- Suministrar información y los materiales adecuados para garantizar el éxito, si las tareas se desarrollan como estaba previsto.

4.- Debe, si fuese necesario, reservar el espacio físico, mesas, laboratorios, recursos informáticos, etc., apropiados para las tareas encomendadas.

5.- Supervisar la eficacia de los grupos de aprendizaje cooperativo, e interviniendo activamente en caso necesario para ayudar en las tareas o mejorar las habilidades interpersonales de los alumnos.

6.- Organizar la presentación de las tareas del grupo a la totalidad de la clase, lo que significa la búsqueda de recursos, espacios, etc., necesarios.

7.- Evaluar los logros en el aprendizaje individual y colectivo. En este sentido será necesario hacer una revisión crítica de la eficacia y eficiencia con que ha funcionado el grupo y el método.

Los que hemos denominado grupos cooperativos, ya que se espera que todos tengan en común la cooperación entre los alumnos, se diferencian de los grupos

anteriores en que la duración de estos grupos es más sostenida en el tiempo y, en consecuencia, se espera que tengan una mayor incidencia en lo personal.

Serían grupos que se mantienen a lo largo de todo el curso, con reuniones planificadas varias veces por semana. Se espera que los componentes del grupo se apoyen no sólo en la materia, sino también en lo personal de forma que se pueda alcanzar un buen rendimiento escolar (asistencia a clase, resolver ejercicios propuestos a medio y largo plazo, etc.).

La configuración de los grupos cooperativos es una tarea difícil para el profesor que tiene un cuatrimestre para llevar a cabo los objetivos de una determinada materia. En este sentido sería necesario potenciar la labor del tutor, que en los estudios universitarios públicos es inexistente, o en todo caso hacer el esfuerzo de tanteo en el primer curso, de modo que los alumnos se auto-organicen y en consecuencia manifiesten “preferencias pedagógicamente significativas” en cursos superiores. Aún así pueden darse desviaciones clásicamente reconocibles (por ejemplo, entre repetidores de una misma materia) a las que habrá que motivar específicamente

Nuevamente, cada uno de estos tipos de asociaciones grupales seguramente constituyen modelos límite de referencia y el docente debería combinar los tres tipos de grupo de forma que le permita presentar lecciones coherentes, en las que todas las actividades conduzcan a lograr los objetivos de aprendizaje comunes, además de posibilitar otro tipo de competencias de tipo psicosocial, cada vez más importantes en nuestros egresados.

4. FACTORES DE LOS QUE DEPENDE UNA EFICAZ ENSEÑANZA PARTICIPATIVA

Para lograr una acción participativa eficaz, existe un cierto consenso entre los autores en los siguientes factores, que además deben encontrarse sistemáticamente incorporados a toda actividad:

1.- Interdependencia entre los miembros del grupo, en el sentido de que todos los estudiantes perciben que están vinculados entre sí, de forma que no es posible que un individuo logre el éxito si los demás no lo logran. En consecuencia, es necesario el trabajo individual para que el grupo tenga éxito y, a través de él, es como obtendrá el individuo su éxito.

Evidentemente esta interdependencia necesita estructurarse y mantenerse. Para lograrlo es necesario:

a) definir claramente los objetivos y el alcance de la tarea que debe realizar el grupo (el esfuerzo debe ser proporcionado).

b) Estructurar la interdependencia de los objetivos, de tal forma que sea evidente para todos los participantes que sólo se pueden conseguir los objetivos de la tarea si cada uno de los miembros pone a disposición de los demás sus propios objetivos parciales.

c) Estructurar los elementos auxiliares como método de reforzar la interdependencia. Esto significa que se deben compartir los medios, materiales,

informaciones (interdependencia en los medios). También la creación de una identidad conjunta tiene fuerza cohesiva (creación de un nombre o un logotipo del grupo refuerza la identidad del grupo). La complementariedad de las mini-tareas y trabajos conduce a reforzar la interdependencia.

La idea es que hay que crear un compromiso con el éxito de los otros compañeros y la convicción de que en él reside el propio éxito.

Un resultado innovador, con respecto a la enseñanza tradicional eminentemente individualista y competitiva, es que las personas se deben proporcionar ayuda de forma que se produzca un intercambio de recursos (materiales, información, estímulo) para trabajar los objetivos comunes del grupo, que proporcione una mejor comprensión del problema y mejores conclusiones en la resolución del mismo a un costo más reducido a nivel somático.

2.- Responsabilidad personal para alcanzar los objetivos grupales, que se contrastará evaluando la labor de cada miembro del grupo en presencia del grupo. Se trata de que cada persona sea responsable de la parte de éxito que le corresponde. No es lícito que nadie pretenda atribuirse el éxito de otro miembro del grupo, ya que la comprensión tiene un límite que, cuando se supera, acabará con el grupo.

Esta dinámica de evaluación individual en presencia del grupo pondrá de manifiesto si existe algún componente que requiere una atención o ayuda especial para llevar a cabo su parte de trabajo.

Bajo el punto de vista de la táctica, quizá es interesante comenzar con grupos pequeños con el fin de que la responsabilidad individual sea mayor en el grupo. Habrá que seguir (evaluar) la marcha del grupo atendiendo al trabajo individual, velando por que el trabajo de comunicación cooperativa de cada uno de los miembros hacia los demás se realice con rigurosidad científica y en el tiempo asignado. En estas tareas puede considerarse la posibilidad de que un alumno del grupo se encargue de estas funciones de control más mecánicas. En definitiva, se trata de que cada alumno sea capaz de autogestionarse (objetivo marcado por las competencias propias del EEES) a la vez que participar en una dinámica de trabajo en equipo.

3.- Habilidades interpersonales, aspecto importante y también objetivo a conseguir dentro de las directrices del EEES. Son las habilidades necesarias para participar en un equipo eficiente.

La adquisición de estas habilidades hace que el aprendizaje participativo o cooperativo tenga una dificultad adicional (y un valor añadido) con respecto al aprendizaje individual (o en el competitivo). Además de aprender los conocimientos propios de la materia y practicar los conocimientos del trabajo cooperativo, los alumnos deben aprender también las complejas habilidades propias de las relaciones interpersonales. En concreto, deberán saber resolver conflictos, adquirirán capacidades directivas o de liderazgo, siempre dentro de un ambiente de confianza propio de la estrategia de aprendizaje, y además deberán hacerlo de una forma motivada y voluntaria.

Es evidente que estas habilidades exigen enseñanza y entrenamiento. El ser humano no es un ser social, en todo caso es moderadamente sociable, por lo que el

docente tiene una labor formativa importante, casi la misma que le corresponde en cuanto al conocimiento de la materia que imparte.

4.- La evaluación del trabajo por parte del grupo. Como toda actividad desarrollada, al final de su consecución procede la valoración de las tareas realizadas y del grado de consecución de los objetivos previstos. Esta labor, independientemente de que la realice cada uno de los miembros del grupo, debe hacerla a quien se le ha encomendado, es decir al grupo.

El grupo reflexionará, en una sesión, sobre las tareas que resultaron útiles y las que exigen acciones de mejora, razonando cuáles son éstas y la forma mejor de implementarlas y los plazos de tiempo para hacerlo. En definitiva se trata de aplicar el ciclo PDCA de Shewart al desarrollo de la tarea encomendada. Dentro de este análisis debe prestarse especial importancia a los aspectos cooperativos y a las relaciones interpersonales, incluso aunque los resultados de la evaluación de los objetivos sean satisfactorios. Se trata de aplicar técnicas de mejora continua a las acciones del sistema de modo que se optimice en cada análisis.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE COOPERATIVO EN EL MARCO DE UN PROYECTO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN LA FACULTAD DE QUÍMICA DE LA *UNIVERSITAT DE VALÈNCIA*

Luis E. Ochando Gómez [a]***, Rosendo Pou Amérigo*** [b]
[a] Departamento de Geología, [b] Departamento de Química Física
Universitat de València, Avda. Dr. Moliner, 50, 46100, Burjassot, Valencia
ochando@uv.es

El objetivo fundamental de la presente comunicación es poner de manifiesto la importancia creciente que desde el equipo docente del Grupo de Innovación Educativa de Primer Curso de la Facultad de Química de la Universitat de València se está otorgando a las metodologías activas en el marco del proyecto piloto que se viene desarrollando desde el año académico 2003-04. Entre ellas cabe destacar las relacionadas con el aprendizaje cooperativo, de cuyo empleo se muestran dos ejemplos puntuales llevados a cabo este curso académico. Se señalan asimismo tanto los elementos esenciales del Proyecto completo como algunas valoraciones de los profesores implicados en estas actividades.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del marco del denominado *Espacio Europeo de Educación Superior* (EEES) se asume como una de las principales prioridades hacer realidad uno de los objetivos manifestados en la Declaración de Bolonia: "*Pocos ponen hoy en duda que la Europa del conocimiento es un factor insustituible de cara al desarrollo social y humano y a la consolidación y el enriquecimiento de la ciudadanía europea, capaz de ofrecer a los ciudadanos las competencias necesarias para responder a los retos del nuevo milenio y reforzar la conciencia de los valores compartidos y de la pertenencia a un espacio social y cultural común" (1).*

En la construcción de este EEES, se ha subrayado en diversas ocasiones (2-4) la necesidad de que las Universidades asuman un papel protagonista, el cual fue aceptado y asumido explícitamente por las instituciones europeas de enseñanza superior en el Mensaje de Salamanca, hecho público en marzo de 2001 (5).

La *Universitat de València* ha contribuido de modo muy activo en la construcción de dicho espacio desde el primer momento, entendiendo que *"no es recomendable para una institución educativa superior quedarse sin participar en este proceso de discusión y elaboración de experiencias piloto, si lo que pretende es integrarse en una oferta educativa competitiva y de calidad"* (6).

Entre otras iniciativas, probablemente la más ambiciosa fue la *convocatoria para el desarrollo de experiencias de innovación educativa en el contexto de la convergencia europea* para el curso 2003-2004, hecha pública en febrero de 2003 y que se ha ido prorrogando hasta la actualidad. Su objetivo era *"apoyar, asesorar y evaluar las iniciativas que surjan en las diferentes titulaciones sobre actividades de*

mejora e innovación docente en la línea de las recomendaciones derivadas de la creación de un espacio europeo de enseñanza superior" (6).

En este marco de actuación, desde el curso académico 2003-04 estamos desarrollando en la Facultad de Química de la *Universitat de València*, un amplio Proyecto de Innovación Educativa (http://www.uv.es/giequim) por grupos completos, en el que nos hemos marcado como pieza clave *"un cambio de los modelos de formación centrado fundamentalmente en el trabajo y aprendizaje del estudiante y el fomento del desarrollo de competencias que le posibiliten para un aprendizaje continuo a lo largo de la vida y una adaptación a la variedad y pluralidad cultural de nuestro espacio europeo"* (6).

2. ELEMENTOS ESENCIALES DEL PROYECTO

El proyecto de innovación educativa desarrollado se caracteriza por los cinco elementos que se resumen a continuación, y que le dan sentido y coherencia.

2.1. Potenciación del aprendizaje del estudiante

En los últimos años se ha producido un cambio en el paradigma del proceso de enseñanza/aprendizaje, de modo que las aproximaciones centradas en la persona que enseña han ido cediendo terreno a los enfoques centrados en la persona que aprende. La idea de que la sociedad del conocimiento es también una sociedad del aprendizaje ha ido abriéndose paso poco a poco, entendiendo la educación en un contexto más amplio: *"educación continua, donde el individuo necesita ser capaz de manejar el conocimiento, actualizarlo, seleccionar lo que es apropiado para un contexto determinado, estar en permanente contacto con las fuentes de información, comprender lo aprendido de tal manera que pueda ser adaptado a situaciones nuevas y rápidamente cambiantes"* (7).

Es conveniente, pues, pasar del marco tradicional centrado en el trabajo del profesor (horas presenciales de clase) al marco ECTS, que gira en torno al trabajo del estudiante en relación con el aprendizaje (hay que considerar todo el volumen de trabajo que el estudiante ha de realizar para superar la asignatura). Asimismo, para potenciar la implicación del estudiante, se han incluido en el plan de formación actividades participativas, como por ejemplo visitas a museos, empresas, laboratorios y grandes instalaciones. Todas ellas están diseñadas en relación con una o varias asignaturas y se intenta destacar aspectos o conceptos vistos en clase.

2.2. Importancia de las competencias genéricas

Se entiende con el término competencia un *"saber hacer complejo que exige un conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes, valores y virtudes que garantizan la bondad y eficiencia de un ejercicio profesional responsable y excelente"* (8).

El proyecto Tuning (7) distingue entre competencias específicas, propias de cada titulación, y genéricas, que son aquéllas que identifican los elementos compartidos por todas las titulaciones, como la capacidad de expresión oral y escrita, toma de decisiones, trabajo en grupo, capacidad de análisis y de síntesis, etc. En el Proyecto de Innovación Educativa que estamos desarrollando hacemos especial hincapié en la adquisición de estas últimas, para lo cual diseñamos actividades formativas como, por ejemplo, seminarios (monográficos o interdisciplinares), trabajos en equipo, exposiciones orales, taller de lectura, visitas externas, etc.

Con estas actividades se pretende, entre otros objetivos, llevar a cabo un aprendizaje en un entorno distinto ("mundo real"), potenciar las habilidades sociales, educar en valores y actitudes o incrementar la motivación.

2.3. Coordinación de profesores

Probablemente es uno de los aspectos más importantes en la consecución del éxito de un proyecto de innovación como el descrito. Se pretende conseguir que quien controle el proyecto sea un equipo docente que comparta objetivos y planteamientos comunes. Algunos aspectos sobre los que se trabaja de modo coordinado son:

- Análisis conjunto del volumen de trabajo del alumno.
- Cronograma de evaluaciones.
- Actividades compartidas por varias asignaturas.
- Uso de textos comunes.
- Replanteamiento de ejercicios.
- Conexiones entre temarios.
- Espacio común en *Internet*.
- Empleo de estrategias y metodologías docentes similares.

2.4. Atención personalizada al estudiante

Es evidente que el proceso de aprendizaje resultará más adecuado y completo en la medida en que los profesores podamos orientar y ayudar a cada alumno en particular, atendiendo a su problemática específica, detectando sus dificultades y conociendo sus aptitudes. Este aspecto queda recogido en dos iniciativas concretas del proyecto: diseño de un grupo de pequeño tamaño y potenciación de la tutoría personalizada. Dicha acción tutorial entronca perfectamente con el papel que una enseñanza centrada en el estudiante otorga al profesor: "*un acompañante en el proceso de aprender, que ayuda al que estudia a alcanzar ciertas competencias (…), un consejero, orientador y motivador que señala la importancia y lugar de las áreas del conocimiento, la comprensión y capacidad necesarias para aplicar ese conocimiento, que relaciona éste con los perfiles que deben lograrse y las necesidades que deben satisfacerse, con los intereses personales, las lagunas de conocimiento y las capacidades individuales, la selección crítica de materiales y fuentes, la organización de situaciones de aprendizaje, etc.* (7)

2.5. Incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación

En el ámbito de la Educación, las tecnologías de la información y la comunicación están posibilitando la aparición de un gran número de herramientas novedosas que pueden facilitar en gran manera el aprendizaje por parte de los estudiantes. El proyecto de innovación pretendió, desde su comienzo, incorporarlas al proceso formativo para explorar sus posibilidades y establecer sus ventajas e inconvenientes en nuestro contexto particular. Así, se han impulsado numerosas iniciativas como, por ejemplo, el empleo de técnicas de enseñanza multimedia en clase, siguiendo el consejo explícito del grupo de Química del proyecto Tuning, el manejo de *Internet* para la búsqueda de información, la comunicación de cada estudiante con el profesor y con el resto de compañeros mediante el uso del correo electrónico, foros, *chats*, *blogs*, etc., la programación de sesiones específicas en aulas de informática o la puesta a disposición de los estudiantes de materiales y herramientas, bien en el marco de una plataforma de teleformación, bien en páginas *Web* específicas creadas por los profesores de cada una de las asignaturas.

3. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE COOPERATIVO

Una de las preocupaciones de los profesores del equipo es la constatación de que nuestros estudiantes adoptan, con relativa frecuencia, actitudes individualistas y competitivas en su proceso de aprendizaje, mientras que muestran serias dificultades para trabajar de forma colaborativa. Por ello, profesores de las asignaturas de *Geoquímica y Mineralogía*, *Química General* y *Aplicaciones Informáticas para la Química*, hemos decidido emplear, de manera coordinada, estrategias de aprendizaje cooperativo en algunas de las sesiones programadas.

El aprendizaje cooperativo es un *"enfoque interactivo de organización del trabajo en el aula en el cual los estudiantes son responsables de su aprendizaje y del de sus compañeros en una estrategia de corresponsabilidad para alcanzar metas e incentivos grupales"* (9). Es, pues, una estrategia que prioriza la cooperación y colaboración frente a la competición, que resulta apropiada para desarrollar determinadas competencias y para la adquisición de valores y actitudes, y que puede ser un revulsivo para lograr aprendizajes activos y significativos.

Tomando como base la técnica Puzzle de Aronson (10), se han desarrollado actividades concretas, tanto en clases de teoría (*Química General*), como de prácticas en el laboratorio (*Aplicaciones Informáticas para la Química*), como en seminarios (*Geoquímica y Mineralogía*). La técnica consiste en generar varios grupos de estudiantes en la sesión de clase. Se identifica con un número cada miembro del grupo. Se reúnen como "equipos de expertos" todos los miembros identificados con el mismo número. Estudian un material concreto que suministra el profesor. Después de un tiempo determinado regresan a su equipo inicial y deben explicar a sus compañeros lo aprendido. Se les puede plantear una prueba final de modo que aumente el interés de todos por enterarse de cada parte que había resuelto el "equipo experto".

3.1. Ejemplo 1: “El tiempo en Geología y Ley de Radiactividad”

En el marco de la asignatura Geoquímica y Mineralogía se plantean dos actividades a lo largo de un seminario monográfico de dos horas de duración:

Actividad A: “Redactar” un artículo de divulgación científica relacionado con la medición del tiempo.

Se generan los equipos de trabajo. Se reparte el material que han de estudiar. Se separan los grupos en los “equipos expertos” que poseen el mismo material a estudiar. Disponen de tiempo limitado para comentarlo y relacionarlo con aspectos y conceptos vistos en clase de teoría y/o problemas. De modo coordinado han de redactar un breve esquema-resumen.

ESTUDIAR EL TERRENO

De todas las técnicas relativas, **la estratigrafía** es el método más sencillo; se trata de una sucesión de estratos o de capas de tierra superpuestos que se van formando paulatinamente con el paso del tiempo debido a la acción de los ríos, la lluvia y el viento. Establecer una cronología relativa mediante este sistema es fácil ya que, al menos aparentemente, los materiales arqueológicos que se encuentran en los niveles inferiores son más antiguos que los depositados en los niveles superiores. Siempre y cuando los niveles tengan una sucesión temporal correcta, ya que en ocasiones la estratigrafía puede verse alterada por movimientos de tierra o geológicos.

Otro método de datación relativa, **las secuencias tipológicas**, consiste en ordenar los objetos encontrados en una excavación según las características que les son comunes.

Finalmente, está la técnica del **contenido en flúor de los huesos**. Cuando el esqueleto de un ser vivo queda enterrado y entra en contacto con la tierra y el agua se produce una reacción química que hace que poco a poco el flúor que ésta contiene reemplace al calcio. Por lo tanto, cuanto más antiguo sea éste, mayor cantidad de flúor tendrá. Aunque ha sido superado con el tiempo, en su momento resultó crucial, ya que hizo posible desenmascarar uno de los fraudes más conocidos en el estudio de la evolución humana: el del llamado **“Hombre de Piltdown”**, que pretendía erigirse como el antepasado común entre los primates y el género humano, y al final resultó ser un montaje.

CALIBRAR LAS DATACIONES

La dendrocronología tiene dos aplicaciones: establecer dataciones absolutas –si se sabe la edad de los árboles– o corregir las dataciones de radiocabono. Esta última aplicación se denomina calibrar y es muy sencilla: al realizar la prueba del C14 sobre una muestra de una determinada capa o anillo del árbol de edad conocida, se puede averiguar el **margen de error o diferencia** entre la datación real y la que arroja la técnica del C14. A partir de esos datos, se han establecido unas curvas de calibración que alcanzan los últimos 11.390 años y permiten corregir las dataciones radiocarbónicas. Para las dataciones que se remontan más allá de esos 11.390 años, se utiliza una nueva curva de calibración que ya no se basa en la dendrocronología, sino que ha sido obtenida a partir de unos corales de las islas Barbados (Caribe), lo que ha posibilitado llegar hasta los 20.000 años.

OTRAS TÉCNICAS RADIACTIVAS

Existen otras técnicas de datación que utilizan elementos radiactivos similares a las del carbono, como la del **potasio–argón o las series del uranio.** La principal ventaja que presentan respecto al C14 es que los elementos químicos en los que se basan tienen una vida media mucho más larga, es decir, se desintegran de forma mucho más lenta, lo que permite datar muestras arqueológicas que sean anteriores a 50.000 años. Por ello, han sido los métodos elegidos para datar los **fósiles de homínidos** que se han hallado en África, cuyo estudio ha permitido despejar algunas claves del proceso evolutivo.

Figura 1. Algunos de los textos entregados a los estudiantes, para su estudio, que forman parte de ese “artículo de divulgación” que han de componer.

De regreso a su “equipo inicial”, cada experto de cada parte del artículo ha de explicar “*su labor de investigación*” al resto. De modo cooperativo, han de discutir entonces sobre la totalidad de la información acumulada. Como guía de trabajo se les pide que realicen: Esquema del trabajo de investigación; Resumen de los *ítems* más

relevantes; Establecer el correcto "hilo argumental"; y Dar o incluir un título al artículo.

Como prueba de evaluación han de diseñar dos preguntas o cuestiones que pudiesen plantear a "otro de los equipos de investigación" respecto del tema tratado.

Actividad B: Comprobar la Ley de la Radiactividad

Esta segunda actividad implica generar un experimento que tiene lugar mediante un proceso exponencial, de modo que han de representar gráficamente lo que implica este proceso y, además, han de calcular la "constante de desintegración radiactiva, λ" de unas partículas especiales, los "*caramelos lacasitos*".









Figura 2. Ilustración del envase de los caramelos utilizados y de diversos detalles del desarrollo de la experiencia.

Desarrollo del ejercicio:

- Tomar 100 caramelos lacasitos y suponedlos como isótopos padre. Dejarlos caer aleatoriamente después de agitar en un recipiente.
- Se anotan como isótopos hijo los que han caído con las letras visibles (se supone que estos se han desintegrado). Se repite el proceso hasta que se hayan "desintegrado" todos.
- Tomad como $T_{1/2} = 3$ minutos.
- Construir la gráfica del proceso, que simula una desintegración radiactiva.
- Para cada "tirada" se anota el número de lacasitos padre e hijo (N_0 y N, respectivamente).
- Aplicar la Ley de la Radiactividad a cada uno de los ensayos ($N = N_0 \cdot e^{-\lambda T}$), y obtener un valor medio de la constante de desintegración radiactiva de estas peculiares partículas.

3.2. Ejemplo 2: "Estudio de Propiedades Coligativas"

Esta iniciativa se llevó a cabo durante una sesión de clase de la asignatura "Química General" y su objetivo era el aprendizaje de las propiedades coligativas mediante una estrategia cooperativa. La actividad en el aula constó de cuatro partes:

1) Explicación, preparación y confección de los grupos. Después de explicar la actividad a realizar y los objetivos a alcanzar, se confeccionaron los grupos, y se crearon los equipos expertos, en este caso tres. A cada uno de ellos se les asignó una propiedad a estudiar, a saber: descenso de la presión de vapor, aumento ebulloscópico-descenso crioscópico y presión osmótica.

2) Trabajo de los equipos expertos. A cada equipo se le repartieron dos ejemplares del texto de Química General de Brown (11) y una serie de siete cuestiones que debían resolver, las cuales implicaban búsqueda de información, comprensión en profundidad del fenómeno, empleo de las ecuaciones que lo describen para resolver pequeños problemas y aplicación de los conceptos para explicar diversas situaciones de la vida cotidiana.

3) Intercambio de información en los grupos iniciales. Cada miembro debía explicar lo estudiado a los compañeros y aprender lo que otros habían descubierto del resto de propiedades.

4) Evaluación del aprendizaje y del proceso. Los alumnos contestaron una pequeña prueba escrita de manera individual, a fin de comprobar su grado de aprendizaje y analizaron después con los compañeros tanto los resultados de aprendizaje como el proceso mismo.

4. VALORACIÓN Y CONCLUSIONES

A modo de síntesis, las conclusiones sobre las actividades desarrolladas se resumen en:

- Buen nivel de implicación y aceptación por parte de los estudiantes.

- Excelente nivel de adquisición de los conocimientos estudiados, por los resultados de control que se hicieron.

- Como aspecto negativo: tiempo dedicado y el poco control que se tiene sobre el mismo en este tipo de actividades.

REFERENCIAS

1. El *Espacio Europeo de la Educación Superior* (Declaración de Bolonia, 1999). Véase por ejemplo:
http://www.uv.es/oce/web%20castellano/declaracion%20Bolonia.pdf
2. *Towards the European Higher Education Area* (Comunicado de Praga, 2001).
Véase por ej.: http://www.uv.es/oce/web%20castellano/declaracion%20Praga.pdf
3. *Realising the European Higher Education Area* (Comunicado de Berlín, 2003).
Véase por ej.: http://www.uv.es/oce/web%20castellano/declaracion%20Berlin.pdf
4. *The European Higher Education Area-Achieving the Goals* (Comunicado de Bergen, 2005). Véase por ejemplo: http://www.bologna-bergen2005.no/Docs/00-Main_doc/050520_Bergen_Communique.pdf
5. *Perfilando el Espacio Europeo de la Enseñanza Superior* (Mensaje de Salamanca, 2001). Véase por ejemplo:
http://www.uv.es/oce/web%20castellano/Mensaje%20salamanca.pdf
6. *Convocatòria per al desenvolupament d'experiencies d'innovació educativa en el context de la convergencia europea* (IE-CE) per al curs 2003-04:
http://www.uv.es/oce/convocatories2.htm
7. *Tuning (Tuning Educational Structures in Europe). Informe final Proyecto Piloto - Fase 1. (2002):* http://www.relint.deusto.es/TUNINGProject/spanish/doc2_fase1.asp
8. A. Fernández March, *El proceso de enseñanza-aprendizaje de competencias*, Servei de Formació Permanent (Universitat de València), Valencia (2006).
9. M. de Miguel Díaz (ed.), *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias*, Alianza, Madrid (2006).
10. Véase por ejemplo: *Jigsaw classroom*: http://www.jigsaw.org
11. T.L. Brown, H.E. LeMay, B.E. Bursten, *Química. La Ciencia central* (7ªed.), Prentice Hall, México (1998).

APRENDIZAJE COMPARATIVO DE LA QUÍMICA ENTRE UN GRUPO ADAPTADO AL EEES Y UN GRUPO DE ENSEÑANZA CONVENCIONAL

Miguel Ángel Raso García, Emilia Sánchez de la Blanca Camacho
Departamento de Química Física I, Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Complutense de Madrid, Avda. Complutense s/n, 28040 Madrid
marg@quim.ucm.es

Se ha realizado una experiencia comparativa de la enseñanza de la asignatura de Química del primer curso de la licenciatura de CC. Físicas de la UCM en dos grupos de alumnos, uno adaptado al EEES y otro dado clásicamente, con el propósito de mejorar la metodología docente y el sistema de evaluación que se ha venido empleando en años anteriores. La disminución del número de clases magistrales unido a un aumento de la participación de los alumnos con la realización de tareas individuales (resolución de problemas y examen de clase) y la exposición de trabajos en grupos o cooperativos, así como el establecimiento de tutorías obligatorias, tanto individuales como colectivas, son los factores determinantes de la diferencia docente entre ambos grupos. Conviene resaltar como otra diferencia importante: la mayor carga de trabajo que, tanto para los alumnos como para los profesores, supone esta nueva forma de docencia.

1. INTRODUCCIÓN

La implantación del *Espacio Europeo de Educación Superior* en las Universidades Españolas y la mejora de la calidad de la Enseñanza, está implicando la utilización de nuevas metodologías docentes en las que se tiende a disminuir el número de clases expositivas, se evoluciona hacia una enseñanza más tutorizada y participativa del alumno, en donde el Conocimiento se construye conjuntamente entre profesores y estudiantes, siendo los estudiantes constructores activos, descubridores, transformadores de su propio conocimiento. La función del profesor adquiere una importancia relevante y es, fundamentalmente, la de desarrollar las competencias y el talento de los estudiantes. Por último, las relaciones entre estudiantes y entre profesores y estudiantes pasan de ser impersonales a tener carácter de Negociación Personal necesaria para la consecución de los objetivos de aprendizaje.

La asignatura obligatoria del Primer Curso de la licenciatura en CC. Físicas de la UCM, “Química”, impartida durante el primer cuatrimestre, consta de 7,5 créditos, según Plan de Estudios 2003, distribuidos de la siguiente forma: 4,5 créditos de clase magistral, 1,5 créditos de clases de problemas y 1,5 créditos de laboratorio. La evaluación de teoría y problemas se realiza a través de un examen parcial y un examen final. Por otro lado, en el laboratorio, que consta de cinco prácticas, se valoran los informes y se realiza un examen de laboratorio final. Para aprobar la asignatura es

necesario superar el laboratorio experimental de la asignatura y la evaluación final de teoría y problemas.

En el curso académico 2006/07 se ha constituido un Grupo Piloto en el primer curso de la enseñanza de la licenciatura de CC. Físicas de la UCM en el que hemos participado en la asignatura de "Química". Simultáneamente hemos impartido esta misma asignatura a un grupo del mismo curso de la licenciatura según el sistema "convencional" de enseñanza.

2. PUNTO DE PARTIDA DE AMBOS GRUPOS

GRUPO PILOTO (GP)

Los alumnos matriculados en la asignatura, 30 en total, han escogido libremente pertenecer a este Grupo Piloto; la oferta de plazas acabó muy pronto al quedar las 30 plazas rápidamente ocupadas. Existe una muy buena coordinación no sólo entre los profesores que imparten la asignatura sino también entre todos los profesores del grupo.

La normativa y guía docente de la asignatura se les dio al hacer la matrícula. El primer día de clase se hizo la división del grupo en subgrupos de tres (diez subgrupos en total), se dejó que los propios alumnos decidieran dicha formación. Se les hizo entrega de los horarios de tutorías, de los temas que tendrían que preparar para exponerlos en clase junto con el día en que lo tendrían que hacer. En resumen, se les informó de las siguientes tareas para hacer: 1) Resolución, y entrega de problemas, 2) Realización de trabajos cooperativos y su exposición, 3) Asistencia a tutorías, tanto individuales como colectivas, de manera obligatoria. Asimismo, y con la finalidad de poder hacer un estudio comparativo con el grupo de docencia clásica al final del curso, se les dijo que la asignatura dispone de exámenes parcial y final y de laboratorio. Por último, se les informó del porcentaje con que cada uno de estos factores contribuye a la nota final.

En esta primera clase se les hizo una encuesta con la finalidad de saber el nivel de conocimientos básicos que tenían sobre la asignatura. Los resultados de esta primera encuesta se dan a continuación:

De los 29 alumnos presentes, un 62% suspendieron, frente a un 38% de aprobados (21% aprobados, 14% notables y 3% sobresalientes). De estos 29 alumnos, seis no habían cursado la asignatura de Química durante el último año, lógicamente todos ellos suspendieron esta primera prueba.

El aula en el que tenían lugar las clases se adecuó para que pudieran trabajar de forma individual y, con relativa comodidad, en equipo, estando disponible para ellos durante todo el día. Al principio del curso a cada grupo de tres alumnos se les suministró dos libros de texto que debían devolver al finalizar éste.

GRUPO CONVENCIONAL (GC)

El número de alumnos en esta clase era de 73 matriculados. El primer día de clase se les explicó en qué consistía la asignatura, es decir número de clases de teoría, de

problemas, prácticas de laboratorio. También se les dio 10 temas sobre los que podrían hacer un trabajo junto con su contribución a la nota final.

En esta primera clase se les hizo una encuesta con la finalidad de saber el nivel de conocimientos básicos que tenían sobre la asignatura. Los resultados de esta primera encuesta se dan a continuación:

De los 72 alumnos presentes, un 92% suspendieron, frente a un 8% de aprobados (7% aprobados, 1%). De estos 72 alumnos, 28 no habían cursado la asignatura de Química durante el último año, uno de los cuales aprobó esta primera prueba.

3. ESTRUCTURA DOCENTE DE LA ASIGNATURA

GRUPO PILOTO (GP)

La asignatura de Química consta de 7,5 créditos, 6 de ellos son presenciales lo cual corresponde a 4 horas de clase por semana. Para el Grupo Piloto se consideró que la carga de trabajo por crédito ECTS debía ser de 20 horas, dando un total de 150 horas de trabajo por alumno, y se estructuró de la siguiente forma:

1. Tareas de enseñanza-aprendizaje en el aula:

El aprendizaje dentro del aula, para el que se disponía de 60 horas, se ha dividido en dos categorías: Clases expositivas, en las que se desarrollaba el contenido teórico del programa, durante 30 horas, y clases participativas, que se emplearon en la resolución de problemas y ejercicios en grupos, exposición y debate de los trabajos realizados por los subgrupos, monitorizados por los profesores de la asignatura, durante las otras 30 horas.

2. Tareas de enseñanza-aprendizaje fuera del aula:

Entre las actividades fundamentales que se van a desarrollar fuera del aula se encuentran las tutorías individualizadas y las tutorías en grupo, en una proporción aproximada 3/7 (10 horas), trabajos en grupo de aprendizaje cooperativo (duración estimada 30 horas) e individuales para la resolución de problemas y ejercicios (duración estimada 30 horas) y prácticas de laboratorio y elaboración de la memoria del mismo (duración estimada 20 horas).

3. Uso del *campus* virtual:

La asignatura está virtualizada, habiéndose elaborado los contenidos teóricos y referencias a fuentes externas. De entre los recursos del *Campus* Virtual, se utilizará el correo y foros de debate como sistema básico de comunicación, los grupos de trabajo para facilitar la tarea de los trabajos en grupo, y se contempla la posibilidad de permitir el uso de páginas personales para la organización del trabajo individual

4. Método de evaluación:

De acuerdo con la distribución de trabajo del alumno descrita para la asignatura, la calificación final se reparte de la siguiente manera:

- Pruebas objetivas consistentes en la resolución por escrito de cuestiones y problemas con tiempo restringido (exámenes): 1 examen final, 50%.
- Control del desarrollo de un trabajo en grupo que será expuesto en horario lectivo, y evaluación de la exposición: 20%.

- Control del desarrollo del trabajo individual, consistente en un tema de estudio y una colección de problemas, y evaluación de los resultados: 20%.

- Control del trabajo práctico en el laboratorio y evaluación de la memoria del mismo: 10%.

Se establecerá como condición necesaria para la evaluación del trabajo la asistencia a un porcentaje suficiente de clases presenciales, a todas las tutorías obligatorias y a todas las sesiones del laboratorio.

GRUPO CONVENCIONAL (GC)

La asignatura de Química consta de 7,5 créditos, 6 de ellos presenciales lo cual corresponde a 4 horas de clase por semana, 3 de exposición teórica y 1 de problemas. El resto de los créditos corresponde a 15 horas de prácticas en el laboratorio.

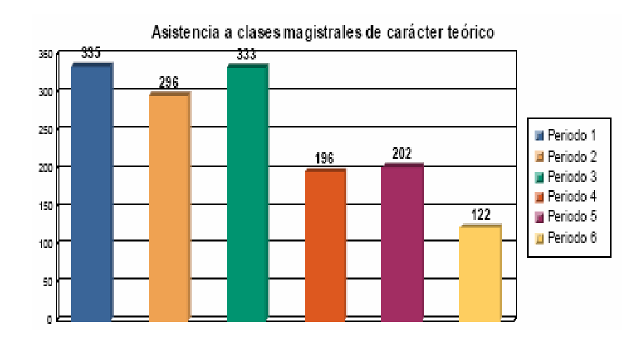
Se propuso a los alumnos la realización de un trabajo individual de documentación sobre un tema relacionado con la asignatura, evaluable como complemento a la nota final. La asignatura está virtualizada, habiéndose elaborado los contenidos teóricos y referencias a fuentes externas, que en general son comunes para ambos grupos.

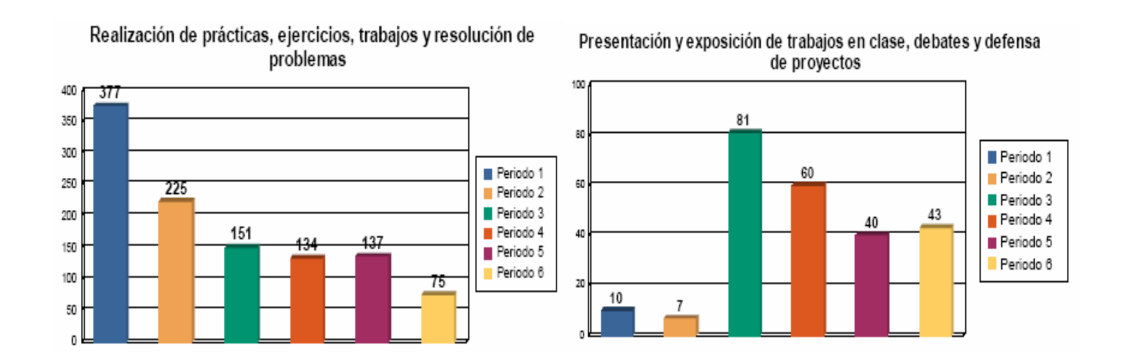
Estos alumnos disponían de al menos 3 horas a la semana de tutoría por parte de los profesores para resolver dudas, ayudar a preparar los temas o cualquier otra cosa que los alumnos necesitasen de la asignatura. Obviamente, estas tutorías se realizaban únicamente por requerimiento del alumno.

La evaluación de la asignatura se realizó a partir de los resultados de los exámenes (parcial y final) al que se le sumó hasta un máximo de un punto por el trabajo presentado. Para aprobar la asignatura era necesario tener aprobado el laboratorio, la nota final estaba formada por un 80% de la nota de teoría más un 20% de la nota del laboratorio.

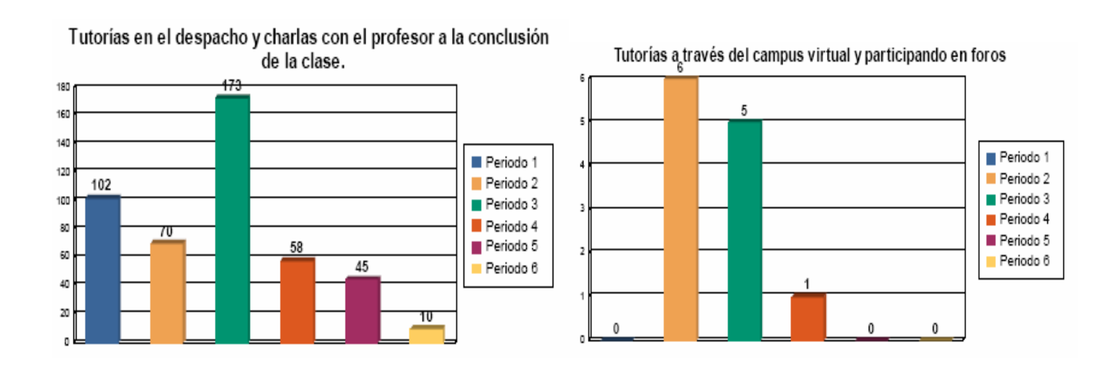
3. ADECUACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN

Para comprobar que la distribución de horas de trabajo programada se ha ajustado a la realidad del curso y a la apreciación de los alumnos se ha utilizado como fuente los datos sobre el seguimiento ECTS proporcionados por la UCM a partir de las encuestas bisemanales contestadas por los alumnos del GP y que aparecen en las siguientes figuras:

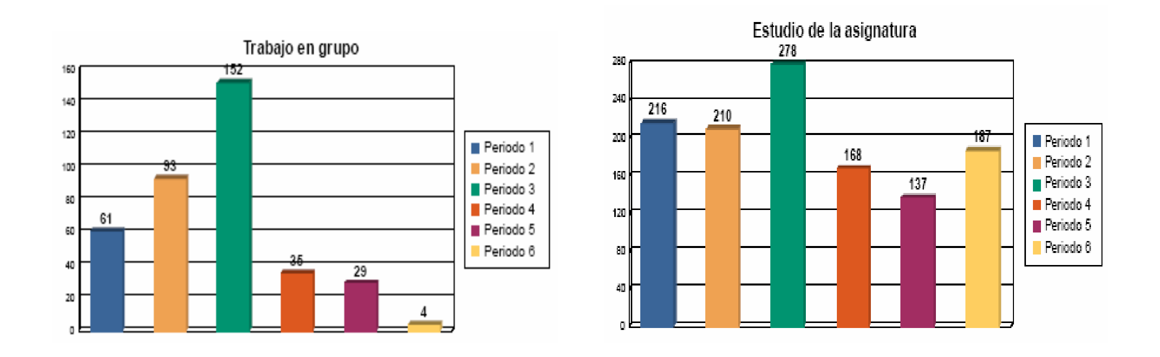


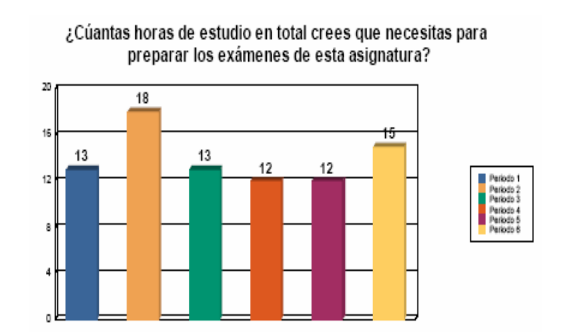


El tiempo total estimado por los alumnos a la enseñanza en el aula fue de 47 horas, con una relación entre clases expositivas y participativas de 25/22, mientras que el valor constatado por los profesores es de 50,5 horas, en relación 25/25,5.



El tiempo estimado por los alumnos a tutorías fue de 7,9 horas, frente a las 10 horas de tutorías que tuvieron lugar realmente.





Lo más difícil de correlacionar con nuestra programación ha sido el tiempo dedicado al estudio sin participación de los profesores, ya que resulta difícil evaluar la proporción del estudio total reconocido (83 horas) dedicada al estudio de contenidos (20 horas), al trabajo en grupo (sólo 6,25 horas) y al trabajo individual. La suma total (83 horas) sí que se corresponde bastante bien con la estimación inicial del trabajo total fuera del aula menos las tutorías (80 horas).

En cuanto al GC, se impartieron un total de 49,5 horas de clase, de las cuales 34,5 fueron de contenido teórico y 15 de problemas. En este caso no se dispone de datos sobre el tiempo dedicado por los alumnos al estudio de la asignatura.

Por último, con respecto a la dedicación del profesorado, se puede contabilizar en 76 horas de trabajo en el aula más 160 horas de tutoría en el GP y de 49,5 horas de clase más 37 horas de tutoría en el GC.

4. RESULTADOS ACADÉMICOS

En la tabla siguiente se muestran los resultados de la evaluación de los dos grupos de seguimiento junto con los resultados globales de los cuatro grupos convencionales de la asignatura.

Se observa inmediatamente una diferencia fundamental respecto a la participación en las actividades docentes de los alumnos en el GP respecto al resto de los grupos de la asignatura (83% de asistencia frente al 16% del GC y el 25% global)

Es también notoria la diferencia en el número de alumnos que abandonan la asignatura (No Presentados) y los que no superan el nivel mínimo exigido en la evaluación.

Por último, destaca el gran porcentaje de alumnos que alcanzan un nivel de excelencia en el GP respecto al resto de los grupos.

5. CONCLUSIONES

En resumen, los aspectos más positivos encontrados en la aplicación del nuevo modelo de enseñanza son los siguientes:

- Mayor interacción entre estudiantes, incrementándose la cooperación entre ellos.

- Acomodación de distintos estilos de trabajo y niveles de conocimiento a la tarea común.

- Reducción en el número de abandonos de la asignatura.

- Mejor reparto del trabajo del estudiante, que se ha distribuido de forma homogénea a lo largo del cuatrimestre, aunque durante las primeras semanas coincidió el periodo de adaptación con el desarrollo de las prácticas del laboratorio.

- Mejores resultados académicos.

- Mejora del conocimiento que el profesor tiene de cada alumno.

- Mejor sistema de retroalimentación en el proceso de aprendizaje, que permite adaptar los objetivos formativos al grupo de alumnos.

Por otro lado, los mayores inconvenientes observados son:

- Aumento del tiempo de dedicación del profesorado.

- Organización del aula para el trabajo en grupo debido a la falta de mobiliario adecuado.

Química (1º Física)									
Grupo	**GP**			**GC**			**Grupos no piloto**		
	Nº al.	*% T*	*% P*	*Nº al.*	*%T*	*%P*	*Nº al.*	*%T*	*%P*
Matrícula	30			73			332		
Asistentes	25	83		12	16		84	25	
NP	3	10	11	33	45	83	162	49	95
SS	7	23	26	27	37	68	95	29	56
AP	10	33	37	13	18	33	45	14	26
NT	3	10	11	0	0	0	21	6	12
SB	5	17	19	0	0	0	5	2	3
MH	2	7	7	0	0	0	4	1	2

%T se refiere al porcentaje sobre el total de alumnos, mientras que %P se refiere al porcentaje sobre el número de alumnos presentados.

REFERENCIAS

1. *Speaking of Teaching*, Standford University Newsletter on Teaching, 10(2) (1999).

2. J. Bará, J. Domingo, M. Valero, "*Técnicas de aprendizaje cooperativo*", Universidad Politécnica de Cataluña (2007).

PRIMEROS PASOS EN LA IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA ECTS EN LA ASIGNATURA DE FUNDAMENTOS DE QUÍMICA DE LA E.U.I.T.I. DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Javier Albéniz Montes, Rosa Barajas García, Isabel Carrillo Ramiro, Pilar Saavedra Meléndez, Consolación Reinoso Gómez
Departamento Química Industrial y Polímeros, E.U.I.T. Industrial
Universidad Politécnica de Madrid, Ronda de Valencia 3, 28012 Madrid
javier.albeniz@upm.es

Se ha ensayado una primera experiencia de implantación de sistema ECTS en la asignatura Fundamentos de Química, con el propósito de mejorar la metodología docente y el sistema de evaluación que se ha venido empleando en años anteriores. Para ello, se ha disminuido el número de clases magistrales con fomento de la participación de los alumnos mediante la realización y la exposición de tareas individuales (resolución de problemas y examen de clase) y trabajos cooperativos. La experiencia ha supuesto un mayor trabajo tanto para los alumnos como para los profesores, pero los resultados finales alcanzados han mejorado notablemente.

1. INTRODUCCIÓN

La preocupación por la Innovación Educativa en el marco del proceso de implantación del *Espacio Europeo de Educación Superior* y la mejora de la calidad de la enseñanza, está implicando, por la mayor parte del profesorado universitario, el desarrollo de acciones de diseño y aplicación de diversas estrategias metodológicas.

Se tiende a relegar, aunque no se eliminan totalmente, las lecciones magistrales que se venían impartiendo por el profesor, temporizadas y adaptadas, para cumplimentar en su totalidad todos los apartados incluidos en el programa de su asignatura. Se evoluciona hacia una enseñanza más tutorial y participativa del alumno, en donde la función del profesor adquiere una importancia relevante y es, fundamentalmente, la de guía-asesor-transmisor.

Las experiencias, hasta ahora, han obtenido resultados satisfactorios en asignaturas de últimos cursos y con un número no demasiado elevado de alumnos. Sin embargo, emplear nuevas actuaciones en los primeros cursos de las diferentes titulaciones universitarias, donde hay mayor número de alumnos en el aula, es más difícil. Además, la experiencia y bagaje universitario del alumno todavía no se ha adquirido.

Impulsados por mantener nuestro entusiasmo como docentes y nuestra preocupación por una mejora continua de la didáctica de la Química, surge esta primera experiencia de implantación de sistema ECTS que hemos realizado en la asignatura de "Fundamentos de Química".

La asignatura troncal del Primer Curso "Fundamentos de Química" de la Titulación Ingeniería Técnica Industrial, Especialidad en Química Industrial, impartida durante el primer cuatrimestre en la E.U.I.T. Industrial de Madrid, presenta

una asignación, según Plan de Estudios 2002, de 12 créditos, que se han distribuido de la siguiente forma: 6 créditos en clase magistral, 3 créditos en clases de problemas y 3 créditos en laboratorio experimental. Su evaluación de teoría y problemas se realizaba a través de un examen de clase voluntario y un examen final. A la nota del examen final se le incrementaba el 10% de la nota del examen de clase siempre y cuando ambas pruebas hubieran superado una calificación de 4 puntos. Por otro lado, en el laboratorio experimental se valoraban los informes y se realizaba un examen de laboratorio de las cinco primeras prácticas y un examen de laboratorio final. Para aprobar la asignatura era necesario superar el laboratorio experimental de la asignatura y la evaluación final de teoría y problemas. Los resultados que se han venido obteniendo han sido de aproximadamente un 20 % de alumnos aprobados sobre presentados en la primera convocatoria.

En el curso académico 2006/2007 se ha ensayado una nueva metodología docente con aproximación al entorno de la Convergencia Europea de la Educación Superior disminuyendo el número de clases magistrales a 4,5 créditos, con fomento de participación de los alumnos mediante preguntas en el aula, realización de tareas individuales como ha sido la resolución, exposición y entrega de problemas, así como la elaboración de trabajos cooperativos y pequeñas exposiciones de los mismos en el grupo. En las clases de problemas y de laboratorio se han mantenido los 3 créditos en ambas, llevando a cabo acciones que implican una mayor participación y toma de decisiones en los alumnos.

2. PROCEDIMIENTO EN LOS MÉTODOS DOCENTES Y EVALUADORES QUE SE HAN UTILIZADO

Los alumnos matriculados en la asignatura, 121 en total, (96 de nuevo ingreso) se dividen desde la Secretaría de la Escuela en dos grupos, uno de mañana (68 alumnos) y otro de tarde (53 alumnos). La coordinación de los profesores que imparten la asignatura es total para ambos grupos.

El primer día de clase se hizo entrega de la normativa y guía docente de la asignatura. Se planteó a los alumnos la voluntariedad de diversas acciones que se iban a utilizar para tratar de mejorar el aprendizaje y los resultados finales de la asignatura: 1) Resolución, exposición y entrega de problemas, 2) Realización de trabajos cooperativos y su exposición, 3) Examen de clase. Así mismo, se resaltó que la asignatura, además, dispone de un examen final y de laboratorio experimental y su examen correspondiente, a los cuales se podían presentar sin realizar previamente estas pruebas de carácter voluntario.

Los profesores han editado una colección de enunciados de problemas (148 problemas repartidos en 9 boletines) que los alumnos tienen a su disposición y que se realizan en clase a lo largo del cuatrimestre. En cada boletín, los profesores fijaron dos problemas como tarea individual a realizar por los alumnos que se comunicaba a los interesados con anterioridad suficiente para que pudiesen ser estudiados y resueltos. Posteriormente, dedicando una hora durante cinco semanas repartidas en el

cuatrimestre y, una vez que se había estudiado con anterioridad la teoría relativa a los mismos, dichos problemas eran explicados y expuestos en clase por los alumnos que los habían entregado, mediante sorteo de apartado de problema y alumno. Para la exposición contarían con 5 minutos de tiempo como máximo, haciendo uso de la pizarra y de la copia de los problemas entregados. Participaron un total de 64 alumnos (34 del grupo de mañana y 30 del grupo de tarde). Las tutorías con los profesores de la asignatura sirvieron para orientar en la resolución de dichos problemas. A dicha tarea individual, que consistía en 18 problemas en total, se le asignaban como máximo 2,5 puntos que se sumaban a la nota del examen de clase.

Para la realización de los trabajos cooperativos se formaron grupos de tres alumnos, de forma aleatoria, entre los alumnos que intervinieron voluntariamente. A cada miembro del grupo se le nombró con una letra (A, B y C). Los profesores prepararon 17 trabajos cooperativos en total que incluían, cada uno de ellos, 6 preguntas y que versaban sobre todo el temario de la asignatura. Se les indicó que presentarían un Trabajo por Grupo y que el mismo constaría de 5 hojas de tamaño DIN A4 por las dos caras como máximo, excluyendo gráficas, esquemas, tablas, etc. En todos los trabajos era indispensable indicar la Bibliografía consultada y se les informó que, en principio, el Trabajo Cooperativo se calificaría igual para todos los miembros de cada Grupo y la nota máxima que se podría obtener era de 2,5 puntos que se sumarían a la nota del examen de clase. Finalmente se les pidió que anotaran en la hoja inicial sus Conclusiones en relación a la valoración sobre su experiencia realizada. En total en el grupo de mañana intervinieron 51 alumnos (los 17 trabajos cooperativos) y en el grupo de tarde 33 alumnos (los 11 primeros trabajos cooperativos).

Se avisó a los alumnos, con anterioridad suficiente, de la fecha en que se haría entrega por parte de los profesores de los trabajos cooperativos en clase, exigiendo la presencia de todos los miembros del grupo e indicándoles que ese día deberían llevar, al menos, un libro por grupo ya que se colocarían juntos cada grupo y empezarían a trabajar la primera pregunta del trabajo cooperativo durante dos horas de clase, actuando los profesores como tutores y guías en su desarrollo. Se había previsto realizar una sesión cooperativa-tutorial por cada pregunta del trabajo cooperativo, es decir, seis sesiones de dos horas, pero finalmente, por la dificultad de no contar con un aula adecuada para acciones cooperativas, sólo se realizaron dos sesiones (4 horas). No obstante se indicó a los alumnos la posibilidad de acudir, cada grupo al completo, a las tutorías de cada profesor.

De la misma forma, se informó a los alumnos de la fecha de entrega en clase de sus Trabajos Cooperativos. También, se les indicó que el mismo día de la entrega harían la exposición de una parte de su trabajo al grupo. La exposición se realizaría por sorteo, en ese momento en el aula, de Grupo, Alumno y Pregunta de Trabajo y para ella contarían con 10 minutos de tiempo, haciendo uso de la pizarra y transparencias.

Otra acción llevada a cabo fue la realización de un examen de clase de dos horas de duración, igual y en el mismo momento, para los dos grupos, mañana y tarde. El

temario que incluía dicho examen era aproximadamente el 70% del temario global de la asignatura. Participaron un total de 66 alumnos.

Por último, se valoraron las sesiones de laboratorio experimental. Para ello, los alumnos han contado con Guiones de Prácticas elaborados por los profesores y laboratorio equipado. Los alumnos dedicaron 2 horas semanales (14 semanas) durante todo el primer cuatrimestre. Se les había dividido en 8 grupos (6 de mañana y dos de tarde) y cada grupo, aproximadamente, tenía 12 alumnos. Se les valoró su interés, trabajo y disposición en el laboratorio, los informes de cada sesión de laboratorio, un examen de las 5 primeras sesiones realizadas y un examen final que incluía preguntas de todas las sesiones de laboratorio realizadas. Era indispensable superar el laboratorio experimental para poder aprobar la asignatura de forma global.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

Con la nueva metodología ensayada se ha pretendido mejorar y reforzar la que se ha venido empleando en años anteriores, así como, también, adaptar el sistema de evaluación al entorno educativo que plantean los créditos ECTS y la Convergencia Europea de Educación Superior. Con todo ello se ha pretendido crear nuevas situaciones que obliguen a los alumnos a usar las estrategias de forma continuada para que se conviertan en hábitos de trabajo y estilo de aprendizaje.

Desde la implantación del Nuevo Plan de Estudios, durante los cursos 2002/03 al 2005/06 los resultados de las calificaciones obtenidas, en primera convocatoria, han sido de un promedio del 20% de aprobados con respecto a alumnos presentados, mientras que, en el curso 2006/07, después de todas las acciones anteriormente indicadas, se ha obtenido, en primera convocatoria, un promedio de un 30% de aprobados con respecto a alumnos presentados.

Analizados los resultados de los Trabajos Cooperativos y de Resolución, Exposición y Entrega de Problemas, de los 5 puntos adicionales a la nota del examen de clase que podían obtener los alumnos, se estima en promedio que han sumado 2,5 puntos. Muchos de los alumnos no han obtenido un resultado final satisfactorio debido bien a una nota de examen de clase muy baja, bien a que en el examen final han obtenido una nota inferior a 4. No obstante, todos los alumnos que han participado voluntariamente en todas las acciones indicadas y que han aprobado la asignatura, han visto incrementada su nota de examen final alrededor de 1,0 puntos.

Del total de alumnos matriculados en el curso 2006/07, excepto los no presentados, se pudieron establecer dos grupos los que participaron en las acciones ECTS (problemas, examen de clase, trabajos y laboratorio) y los que voluntariamente no quisieron hacerlo. Al comparar los resultados entre ambos grupos se pasa de un 8% de aprobados en los que no quisieron participar a un 39% en los que participaron.

En futuros cursos, una vez introducida moderadamente esta nueva metodología, se pretende continuar con las mismas acciones, mejorando las actuaciones y desarrollando realmente, al menos, seis sesiones de acciones cooperativas en un aula

adecuada para ello. Asimismo, se pretende seguir fomentando el trabajo individual con la resolución, exposición y entrega de problemas.

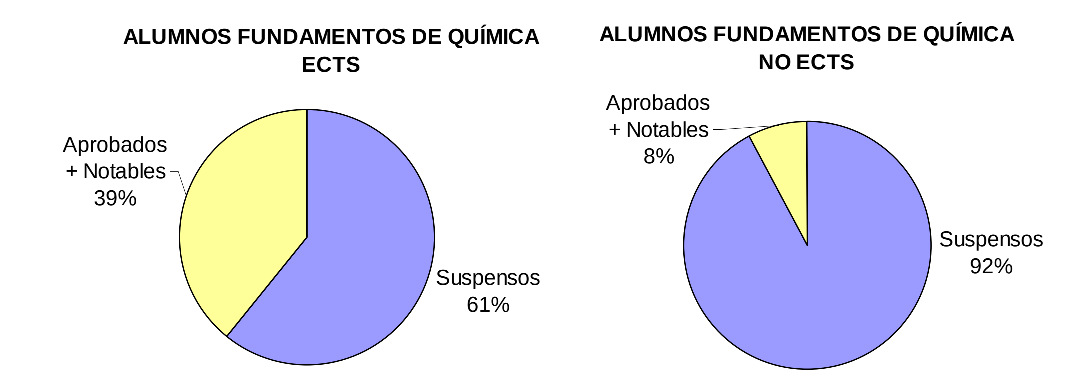


Figura 1. Porcentaje de alumnos que han aprobado la asignatura de "Fundamentos de Química" que han realizado o no créditos ECTS.

4. ANÁLISIS DE ENCUESTAS PROPIAS RELATIVAS A LOS TRABAJOS COOPERATIVOS

A los alumnos que intervinieron en la realización de los Trabajos Cooperativos se les pasó una encuesta sobre valoración de la experiencia, que puntuaron de 1 (nada de acuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo) en función de su nivel de satisfacción. Los resultados indicaron que la experiencia les había servido, en general, para fijar mejor los conocimientos de la materia (86% aproximadamente) (Figura 2a), como técnica para facilitar el estudio (80% aproximadamente) (Figura 2b), para trabajar en grupo (72% aproximadamente), para implicarse en un trabajo cooperativo (97% aproximadamente), y para mejorar su nivel de conocimientos (94% aproximadamente).

5. ANÁLISIS DE ENCUESTAS PROPIAS RELATIVAS A LA RESOLUCIÓN, ENTREGA Y EXPOSICIÓN DE PROBLEMAS

A los alumnos que intervinieron en la Resolución, Entrega y Exposición de Problemas se les pasó una encuesta sobre valoración de la experiencia que puntuaron de 1 a 5 (con el mismo criterio que el señalado anteriormente) en función de su nivel de satisfacción. Los resultados indicaron que la experiencia les había servido, en general, para fijar mejor los conocimientos de la materia (95% aproximadamente), como técnica para facilitar el aprendizaje (97% aproximadamente), implicarse en un trabajo individual (90% aproximadamente), y para mejorar su nivel de conocimientos (95% aproximadamente). En la Figura 3 se muestra el porcentaje de respuestas dado

por los alumnos en relación a su nivel de conocimientos en cada materia antes o después de realizar el trabajo, respectivamente.

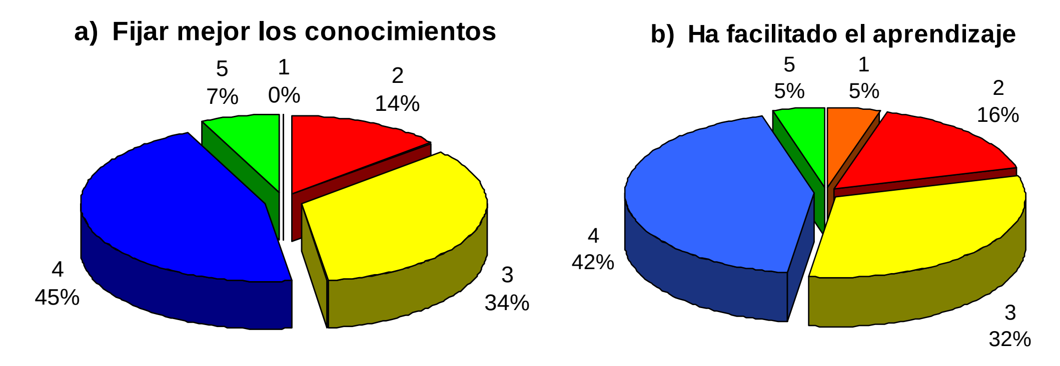


Figura 2. Porcentaje total de respuestas de los alumnos en relación a las preguntas: a) ¿Esta experiencia te ha servido para fijar mejor los conocimientos de la materia? b) El realizar estos trabajos cooperativos ¿te ha sido útil como técnica de estudio?, ¿te ha facilitado el aprendizaje?

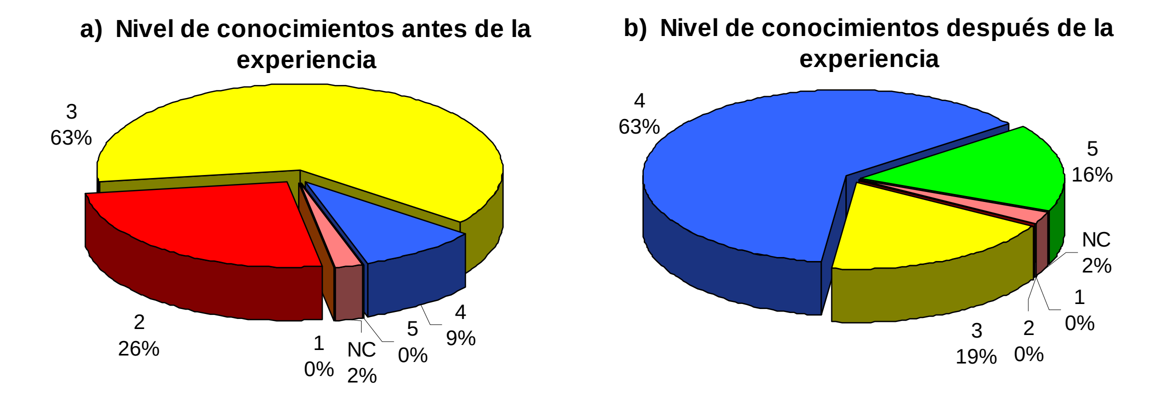


Figura 3. Porcentaje de nivel de conocimientos adquiridos por los alumnos: a) antes y b) después de haber realizado la experiencia.

6. CONCLUSIONES

La experiencia, con estos primeros pasos, ha sido muy positiva, aunque ha supuesto mayor trabajo para los alumnos y para los profesores y ha obligado a los alumnos a un trabajo continuado y más profundo con la mejora de hábitos de estudio. Los resultados finales alcanzados por los alumnos en la asignatura, con respecto a años anteriores, se han mejorado, obteniéndose, aproximadamente, un 10% más de alumnos aprobados sobre el total de presentados. Prácticamente todos los alumnos aprobados han participado en todas las acciones voluntarias programadas. Una de las

mayores dificultades encontradas ha sido la ausencia de aulas equipadas de forma adecuada para llevarse a cabo.

Asimismo, se ha puesto en evidencia que los alumnos confían más en su trabajo individual de resolución de problemas que en la realización de un trabajo cooperativo para mejorar su nivel de conocimientos. Hay que destacar la dificultad de los alumnos para realizar mapas conceptuales, que era un propósito en una de las preguntas de los diferentes trabajos cooperativos. Sin embargo, ha potenciado el compañerismo y el trabajo en grupo entre los alumnos y su implicación. No obstante, ellos mismos han manifestado también quejas en relación a aquellos compañeros de su grupo de los que opinaban que no habían prestado toda la cooperación necesaria. Se ha conseguido que los alumnos realicen exposiciones orales públicas.

Esto ha iniciado y entrenado a los profesores y a los alumnos para repetir la misma experiencia en las asignaturas de Química del segundo cuatrimestre. Aunque para años posteriores consideramos necesario contar con todas las asignaturas impartidas en los dos cuatrimestres, siendo necesario, a nuestro entender, cuantificar los créditos ECTS de todas las asignaturas impartidas en el primer curso.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Universidad Politécnica de Madrid la financiación del proyecto nº IE06 5625-024, “Diseño y aplicación de estrategias metodológicas, con implantación del sistema ECTS, para mejorar los resultados en las asignaturas de Química de primer curso de la titulación de Ingeniero Técnico Industrial, especialidad en Química Industrial”.

REFERENCIA

1. M.T. Oliver-Hoyo, Seminario sobre “*Aprendizaje activo y cooperativo de la Química: un caso práctico en una Universidad de Estados Unidos*”, Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad Politécnica de Madrid, Madrid (2007).

ADECUACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE DE ASIGNATURAS DE QUÍMICA PARA INGENIEROS EN EL NUEVO MARCO EDUCATIVO

Mª. José Molina Rubio, Mª. Carmen Matías Arranz, Gabriel Pinto Cañón, Jesús M. Alcaraz García, Joaquín Martínez Urreaga, Isabel Paz Antolín, Enrique Díez de Garay, Mª. Mar de la Fuente García Soto, Jesús E. Quintanilla López, Ascensión Fernández López, José Losada del Barrio

Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente
E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid
José Gutiérrez Abascal nº 2, 28006 Madrid, España
mariajose.molina@upm.es

En este trabajo se describe el método educativo que se ha llevado a cabo en las asignaturas de Química I y Fundamentos de Química con el objetivo de adecuarlas a las directrices docentes acordes al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Para cada asignatura, durante el curso académico 2006/07, se han desarrollado las guías docentes y se han implementado diferentes estrategias metodológicas de evaluación continua. Los alumnos han valorado la metodología empleada así como su aprendizaje y el tiempo de estudio. Se ha estimado el éxito del proceso educativo con un análisis comparativo de los resultados académicos obtenidos por los alumnos.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevas tecnologías de la enseñanza, la globalización del conocimiento y la sociedad de la información están cambiando el sentido de la enseñanza y el aprendizaje tradicional.

La creación de un *Espacio Europeo de Educación Superior* (EEES) pretende alcanzar la convergencia de las titulaciones universitarias en Europa. Constituye además una oportunidad de innovación para la mejora del aprendizaje universitario mediante la elaboración de diseños metodológicos que favorezcan procesos formativos centrados en el aprendizaje activo del estudiante y propuestas que garanticen la calidad de los procesos y de los resultados del aprendizaje en cada titulación. En este proceso educativo se subraya la figura del profesor como guía, orientador y motivador del aprendizaje del estudiante.

Aparte de experiencias puntuales previas (1,2), la Universidad Politécnica de Madrid ha promovido, durante los tres últimos cursos académicos, una serie de iniciativas para mejorar el sistema educativo desde múltiples vertientes, incluyendo la realización de proyectos tendentes a introducir y analizar la metodología docente implícita en el modelo ECTS (*European Credits Transfer and Accumulation System*). En este contexto, se ha implementado, durante el curso académico 2006/07, una nueva metodología en las asignaturas Química I y Fundamentos de Química de primer curso

de las titulaciones de Ingeniero Industrial e Ingeniero Químico, respectivamente, ambas impartidas en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid.

Buena parte de la metodología aplicada está basada en las recomendaciones que se encuentran en textos especializados para la Enseñanza en Ingenierías (3,4).

2. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN CONTINUA

Nuestra experiencia de trabajo ha consistido en transformar el método de enseñanza existente, basado preferentemente en clases magistrales y evaluación de los alumnos mediante examen al final del cuatrimestre, en una metodología de enseñanza-aprendizaje fundamentada en el trabajo continuo del alumno y su participación activa, lo que ha constituido un proceso de evaluación continua implementado durante el curso 2006/07, en las asignaturas de Química I (con 561 alumnos) y Fundamentos de Química (con 72 alumnos).

Las asignaturas se han impartido aplicando distintas estrategias metodológicas, clases magistrales y clases de problemas, en las que se ha motivado a los alumnos a la participación activa y a la discusión mediante preguntas en sentido profesor-alumno y en el sentido alumno-profesor, así como mediante cuestionarios y trabajos dirigidos.

Se programaron tareas para los alumnos, tanto individuales como de grupo con carácter cooperativo, para resolver en el propio aula y trabajos de casa que posteriormente entregaban al profesor para su corrección y calificación.

En algunas de estas tareas los alumnos han podido utilizar la plataforma digital educativa *AulaWeb* (creada y usada desde hace años en nuestro Centro) como actividad de autoevaluación. También se han realizado trabajos voluntarios para exponer en el aula.

A mitad del semestre se ha llevado a cabo una prueba en clase para fomentar y facilitar el estudio de la asignatura y el aprendizaje del alumno. Esto ha proporcionado a los profesores un indicador más para controlar el proceso educativo y detectar las posibles deficiencias existentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje (5).

En cuanto a la parte experimental de la asignatura, se han realizado prácticas de laboratorio. Antes de comenzar la experiencia práctica, los alumnos debían entregar un esquema de la misma a fin de incentivarlos en su preparación, entendimiento y realización. Para articular la evaluación continua se ha hecho un cuestionario antes o después de cada práctica según la preferencia del profesor. También se han valorado los resultados obtenidos por los alumnos durante la experiencia; resultados que han tenido que plasmar y comentar en el informe final de la misma.

Las prácticas se han realizado en equipos de trabajo formados por dos alumnos para capacitar al estudiante en el trabajo en equipo, así como mejorar otras habilidades y destrezas necesarias para la superación académica de las distintas materias y del futuro desempeño profesional del alumno.

La evaluación culmina el proceso de enseñanza y aprendizaje y da pie a la plasmación en las actas de los resultados finales del mismo. El análisis de la

evaluación nos permite comprender lo que sucede con todo el proceso de enseñanza y aprendizaje en la institución universitaria (6).

La evaluación de los alumnos en la metodología tradicional se realizaba mediante un examen de toda la asignatura al final del cuatrimestre, valorado de 0 a 10 puntos. Sin embargo, la implementación de la metodología de evaluación continua conlleva una nueva forma de evaluar al alumno, un examen al final de cuatrimestre valorado en 6 puntos y 4 puntos obtenidos a lo largo del curso.

Estos 4 puntos se han obtenido con la valoración de todas y cada una de las actividades y trabajos realizados en casa o en clase, individualmente o en grupo, así como el control a mitad de cuatrimestre y la parte práctica de la asignatura realizada en el laboratorio.

El examen final se ha presentado con dos opciones: A (6 puntos) y B (10 puntos). El alumno ha elegido la primera si quería seguir con la evaluación continua hasta el final y, en caso contrario, ha optado por la opción B, abandonando la evaluación continua y acogiéndose al sistema tradicional.

3. RESULTADOS

La aceptación de la metodología de evaluación continua por parte de los alumnos fue reflejada en una encuesta en la que valoraban de 0 a 5 puntos si consideraban que la metodología docente empleada favorecía la implicación activa del estudiante. Los resultados obtenidos se presentan en la *Figura 1* donde se puede ver que los alumnos responden positivamente; el 90% de los alumnos de Fundamentos de Química y el 80% de los alumnos de Química I valoran con 3, 4 ó 5 puntos la pregunta planteada.

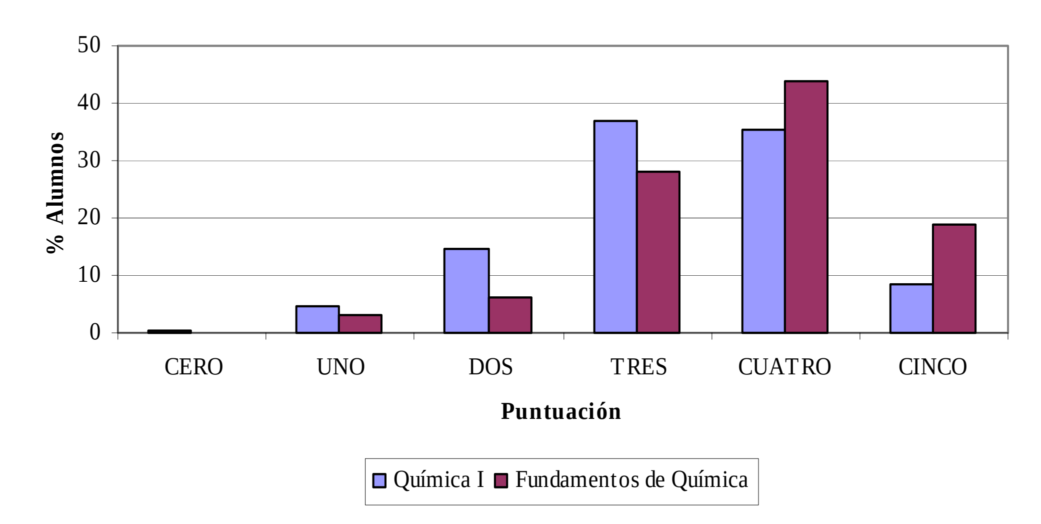


Figura 1. Aceptación de la metodología docente en función de la implicación activa del estudiante.

Los resultados académicos obtenidos por los alumnos en la asignatura de Química I de la titulación de Ingeniero Industrial se muestran en la *Tabla 1*. Observamos que sobre 561 alumnos matriculados, 494 siguieron durante todo el curso el proceso de evaluación continua, si bien de éstos sólo 330 lo continuaron hasta el final eligiendo la opción A de examen. Esto significa que 164 alumnos abandonaron la evaluación continua en el momento de realizar el examen porque 150 optaron por el proceso evaluativo tradicional de la opción B y los 14 alumnos restantes dejaron la asignatura.

Tabla 1.Resultados académicos obtenidos por los alumnos en la asignatura de Química I de la titulación de Ingeniero Industrial.

Asignatura de Química I (561 alumnos)	*Aprobados opción A*	*Suspensos opción A*	*Aprobados opción B*	*Suspensos opción B*	*Nº total alumnos*
Alumnos presentados a examen de febrero	210	120	33	117	480
Alumnos nuevos	149	104	22	82	357
Alumnos repetidores	61	16	11	35	123
Alumnos con evaluación continua en el curso	210	120	26	97	494

La asignatura de Fundamentos de Química, de la titulación de Ingeniero Químico, ha sido cursada por 72 alumnos. Como puede observarse en la Tabla 2, 42 alumnos han concluido el proceso de evaluación continua hasta el final, eligiendo la opción A de examen y 21 alumnos que también habían seguido la metodología activa durante el curso la abandonaron al elegir la opción B de evaluación tradicional.

El éxito de la metodología de evaluación continua se ha puesto de manifiesto en el alto seguimiento de la misma como se puede observar una vez más en la Tabla 3. Cabe destacar la buena aceptación de este método por parte de los alumnos repetidores, lo que les ha llevado a un mayor aprovechamiento de las enseñanzas y mejores resultados académicos (Tablas 1 y 2).

La comparación de la metodología tradicional y de enseñanza activa se refleja en la Tabla 4, donde se presentan los porcentajes de alumnos presentados y aprobados durante los cursos 2005/06 y 2006/07 en los que se siguieron la metodología tradicional y de evaluación continua, respectivamente. Se observa en dicha Tabla que los alumnos han cursado las asignaturas de Química I y Fundamentos de Química con mayor éxito utilizando la metodología activa al favorecer el trabajo continuado del alumno y su calificación.

Tabla 2. Resultados académicos obtenidos por los alumnos en la asignatura de Fundamentos de Química de la titulación de Ingeniero Químico.

Asignatura de Fundamentos de Química (72 alumnos)	*Aprobados opción A*	*Suspensos opción A*	*Aprobados opción B*	*Suspensos opción B*	*Nº total alumnos*
Alumnos presentados a examen de febrero	26	16	2	20	64
Alumnos nuevos	15	12	0	15	42
Alumnos repetidores	11	4	2	5	22
Alumnos con evaluación continua en el curso	26	16	1	20	68

Tabla 3. Porcentaje de alumnos presentados a las distintas modalidades de examen (Opción A: evaluación continua y Opción B: enseñanza tradicional) para las asignaturas de Química I y Fundamentos de Química.

Asignatura	*Presentados Opción A*	*Presentados Opción B*	*No Presentados*
Química I	58,9%	26,7%	14,4%
Fundamentos de Química	58,3%	30,6%	11,1%

Tabla 4. Porcentaje de alumnos aprobados en las asignaturas de Química I y Fundamentos de Química en los cursos académicos 2005/06 y 2006/07.

Asignatura	*Presentados 2005-2006*	*Presentados 2006-2007*	*Aprobados 2005-2006*	*Aprobados 2006-2007*
Química I	79,9%	85,6%	40,7%	50,6%
Fundamentos de Química	76,7%	88,9%	40,9%	43,8%

En una encuesta realizada a los alumnos, se les pidió que propusieran el tiempo semanal de estudio que empleaban, así como el tiempo semanal óptimo para superar la

asignatura. Los resultados de sus opiniones se recogen en las Figuras 2 y 3. Para la asignatura de Química I los resultados indican que un 65% de alumnos emplea de 5 a 9 horas de estudio a la semana, mientras que el 60% consideraba entre 7 y 11 horas necesarias de estudio. En la asignatura de Fundamentos de Química, el 55% de los alumnos estudia entre 5 y 9 horas semanales, pero considera que debería aumentar las horas empleadas hasta un número comprendido entre 7 y 11 horas de estudio por semana.

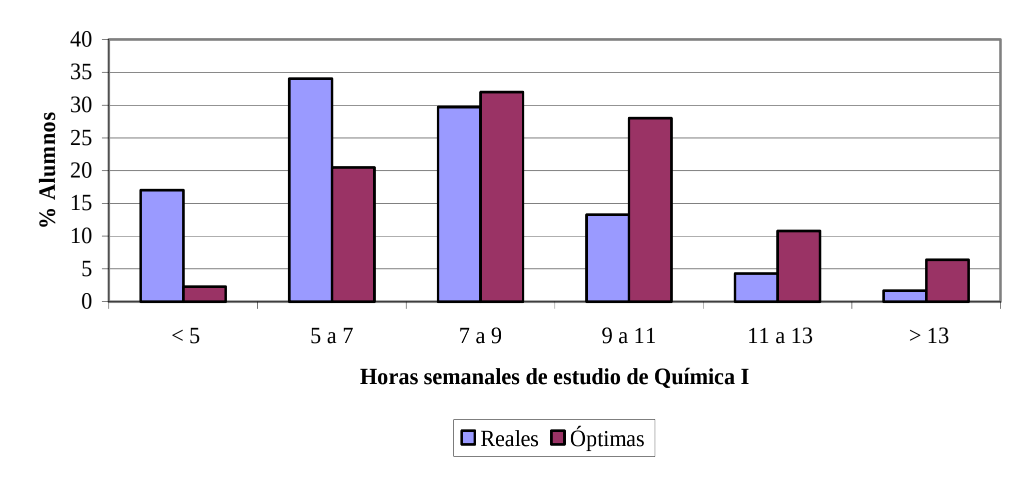


Figura 2. Comparación de las horas semanales de estudio reales y óptimas, según los alumnos, en la asignatura de Química I.

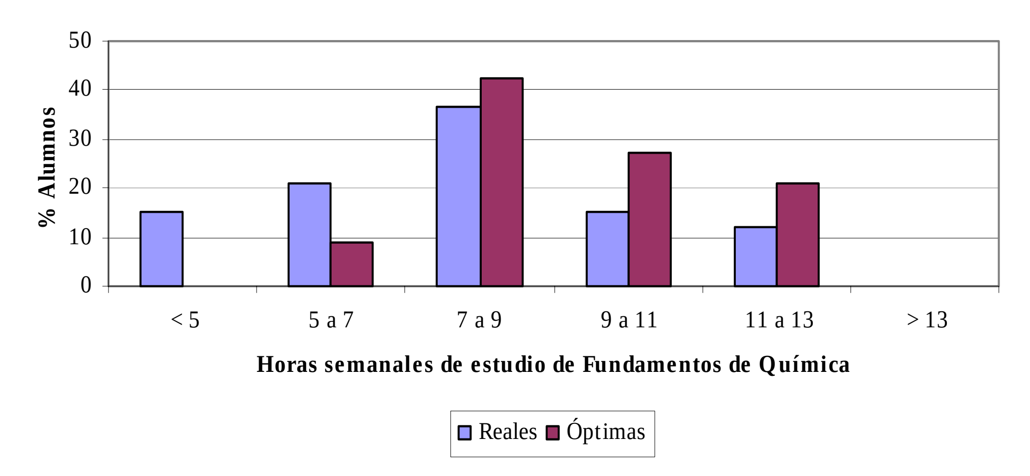


Figura 3. Comparación de las horas semanales de estudio reales y óptimas, según los alumnos, en la asignatura de Fundamentos de Química.

Durante el curso 2006/07, los profesores que han implementado este proceso de evaluación continua para 633 alumnos en las dos asignaturas han tenido la

oportunidad de conocer el tiempo necesario para la planificación, impartición, el diseño y preparación de materiales u otros recursos, tutoría individual o en grupo, preparación y realización de controles evaluadores, corrección y otras acciones pedagógicas imprescindibles en la aplicación del método educativo, llegando a la conclusión de que el tiempo dedicado a docencia aumenta considerablemente y se acrecienta aún más al ser muy numerosos los grupos (del orden de 100 alumnos) con los que se trabaja.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer a la Universidad Politécnica de Madrid la financiación del trabajo, como proyecto de la Convocatoria de Ayudas a la Innovación Educativa en el Marco del Proceso de Implantación del Espacio Europeo de Educación Superior y a la Mejora de la Calidad de la Enseñanza para el curso 2006/07.

REFERENCIAS

1. C. Vera, J. Félez, J.A. Cobos, M. J. Sánchez Naranjo, G. Pinto, *Eur. J. Eng. Educ.*, **2006**, Vol. 31, 227-236.
2. G. Pinto, M.M. Piñeiro, M.J. Molina, M.C. Matías, M.I. del Peso, M.M. de la Fuente, M.A. Fernández, A. Narros, I. Paz, J. Martínez, *Aplicación de Estrategias Educativas, en el Contexto del E.C.T.S., para Asignaturas de Química de la Titulación de Ingeniero Químico*, Actas de las I Jornadas de Innovación Educativa, Zamora, junio de 2006.
3. P.C Wankat, F.S. Oreovicz, *Teaching Engineering*, Ed. McGraw-Hill, New York (1993).
4. F. Aparicio Izquierdo, R.M. González Tirados, M.A. Sobrevilla (Directores de la edición), *Formación del Ingeniero. Objetivos, Métodos y Estrategias*, Ed. ICE de la Universidad Politécnica de Madrid (2005).
5. M.J. Molina, M.C. Matías, G. Pinto, J. Alcaraz, J. Martínez, I. Paz, E. Díez, M.M. de la Fuente, J. E. Quintanilla, A. Fernández, J. Losada. *Aplicación de distintas metodologías educativas en asignaturas de Química de primer curso de Ingenierías para adecuarlas al E.E.E.S.*, Actas de las II Jornadas de Innovación Educativa, Zamora, junio de 2007.
6. M.A. Santos Guerra, *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, **1999**, Vol. 2 (1).

IMPLANTACIÓN DEL ESTUDIO COOPERATIVO EN UN GRUPO COMPLETO DE FÍSICA. CIRCUNSTANCIAS Y RESULTADOS

Ana María Álvarez García, Francisco Sierra Gómez
Departamento de Física y Química Aplicadas a la Técnica Aeronáutica
E.U.I.T. Aeronáutica, Universidad Politécnica de Madrid
Plaza del Cardenal Cisneros s/n, 28040 Madrid
anamaria.alvarez@upm.es

En la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Aeronáutica de la U.P.M. se ha aplicado un método de trabajo cooperativo para un grupo completo de alumnos. Se realizó en la asignatura del primer cuatrimestre Fundamentos Físicos de la Ingeniería. Este trabajo consistió en resolver y corregir problemas en grupos de dos o tres alumnos, premiándose la constancia en el esfuerzo. De los resultados obtenidos se desprende que los alumnos tiene muy claro en qué consiste preparar la asignatura, pero en muchos casos este esfuerzo no lo realizan para la convocatoria ordinaria.

1. PRESENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA DOCENTE

En la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Aeronáutica se vienen realizando diferentes experiencias piloto para acercarse a la organización de la docencia basada en el trabajo del alumno (1). Durante el curso pasado y el actual se ha abordado la docencia de todas las asignaturas de primer curso para un grupo piloto compuesto por un reducido número de alumnos (2,3).

Ante la previsible imposibilidad de que los grupos de alumnos para la aplicación en el futuro de la metodología ECTS sean lo suficientemente reducidos, se ha optado, en un primer paso, por aplicar métodos de trabajo cooperativo a un grupo completo (no reducido) de estudiantes, con evaluación de su trabajo en problemas durante el curso (4) y con incidencia de esta evaluación en la nota final de la asignatura.

La experiencia que presentamos aquí se ha realizado para la asignatura de Fundamentos Físicos de la Ingeniería, correspondiente a la carrera de Ingeniero Técnico Aeronáutico, especialidad de Aeronavegación. Esta asignatura tiene asignados 7,5 créditos LRU troncales y se imparte a razón de 5 horas semanales de docencia, durante el primer cuatrimestre. La docencia tradicional en esta asignatura consiste en explicación de la teoría y realización de problemas, dedicando el 50% del tiempo a cada tarea. El número de alumnos matriculados en esta asignatura es de 179, de los cuales 107 participaron en el proyecto, con mayor o menor intensidad.

2. ORGANIZACIÓN Y PLANIFICACIÓN

La organización docente fue la siguiente.

Los estudiantes deberían trabajar juntos en grupos de tres como máximo. Durante la primera semana del curso, se realizó un *test* de conocimientos previos y las

respuestas se utilizaron para formar los grupos procurando que los conocimientos previos de los diferentes grupos no fuesen muy dispares.

Cada grupo presenta semanalmente un problema resuelto, seleccionado por el profesor. Los problemas presentados se recogen y se guarda una copia en formato informático. Naturalmente, también tienen que resolver otra serie de problemas propuestos que no se recogen. Un grupo expositor, seleccionado por el profesor, expone la solución del problema en la pizarra.

Los problemas resueltos se reparten de forma aleatoria, para su calificación, a grupos distintos de los que los realizaron. El profesor indica los criterios de calificación y cada grupo calificador realiza la calificación y se identifica en la misma hoja del problema resuelto. Esta identificación como corrector influye también en la nota obtenida en el problema resuelto por el calificador.

La valoración de esta actividad ha sido del 20% de la nota final, válida para los tres exámenes de este curso, con lo que el examen final cuenta el 80% restante.

3. NIVEL DOCENTE

La asignatura se ha desarrollado de modo que un mismo profesor explica primero la teoría de un tema y a continuación resuelve en la pizarra problemas de este tema, para mostrar métodos de resolución.

La dificultad de los problemas a entregar era menor si se habían realizado muy pocos problemas en clase. Posteriormente, con más problemas explicados, se pedía entregar problemas resueltos del nivel de examen. Siempre se ha buscado que fueran resolubles por el alumno medio, aplicando los conocimientos impartidos. En algunos problemas en los que se detectó la desorientación de los alumnos, el profesor aportó ideas para que todos pudieran avanzar en su resolución. Cuando la resolución se hacía en la clase, se respondían todas las dudas.

4. CALIFICACIÓN

La calificación realizada por los alumnos fue revisada de forma aleatoria sin que se pudieran detectar desviaciones apreciables. Debido a cómo se plantearon los problemas, todas las notas obtenidas deberían ser altas. Por consiguiente, los alumnos que seguían la asignatura debían de sacar una nota final alta. Las notas finales bajas son debidas a abandonos, alumnos que dejaron la asignatura en algún momento o irregularidades de asistencia.

5. PARTICIPACIÓN DE LOS ALUMNOS

El número de alumnos es muy elevado (179 en acta), lo que añade un grado de dificultad en cuanto a conocerlos, sobre todo al principio.

De estos alumnos, 107 participaron, con diferente intensidad en los grupos de problemas. El resto, 72 alumnos, no participaron. Este segundo grupo está formado

mayoritariamente por alumnos repetidores que preparan la asignatura, bien en un grupo especial de repetidores o por otros medios.

Los 107 alumnos formaron 35 grupos de tres componentes y un grupo formado solamente por dos.

De todos ellos podemos admitir que siguen la asignatura los que sacan una nota media final de los problemas entregados, igual o superior a seis.

6. CALIFICACIONES Y NOTAS

Cuando un estudiante entrega un problema resuelto (en grupo) obtiene una calificación que nos proporciona información acerca de los conocimientos del alumno, limpieza, presentación y grado de dificultad del problema.

Cuando un estudiante participa en la calificación de los ejercicios de otros, obtiene un factor multiplicador de la calificación de su propio problema. Este factor multiplicador valora y premia la participación en la corrección, la continuidad en el esfuerzo que supone entender la explicación en la pizarra y calificar con equidad los problemas resueltos por otros estudiantes.

Este esfuerzo, conveniente para el aprendizaje, lo realizan sobre todo los estudiantes más disciplinados y que tienen verdadero interés por la asignatura.

La nota de cada problema es el producto ponderado de la propia calificación con el factor multiplicador.

La nota media de cada alumno se obtiene promediando las notas de cada problema.

7. RESULTADOS DEL TRABAJO COOPERATIVO

En los gráficos 1 a 4 se presentan los resultados obtenidos a lo largo del cuatrimestre, agrupados por bloques de notas:

- Conjunto A, alumnos con $8 \leq$ nota ≤ 10 (11 alumnos).
- Conjunto B, alumnos con $6 \leq$ nota < 8 (28 alumnos).
- Conjunto C, alumnos con $4 \leq$ nota < 6 (21 alumnos).
- Conjunto D, alumnos con $2 \leq$ nota < 4 (21 alumnos).

El resto son 26 alumnos con nota inferior a 2 que se puede considerar que no se integraron en esta forma de estudio.

En los gráficos 1 a 4 se pone de manifiesto que las calificaciones se parecen mucho entre cada conjunto. La diferencia notable aparece en las notas, donde se pone de relieve la influencia de la constancia y el esfuerzo continuado.

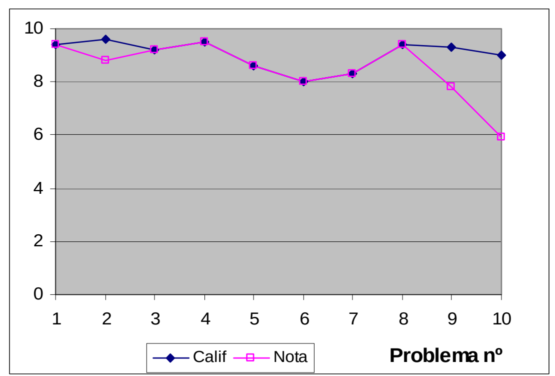


Gráfico 1. Conjunto A
Calificación y Nota media del grupo para cada problema.

Gráfico 2. Conjunto B
Calificación y Nota media del grupo para cada problema.

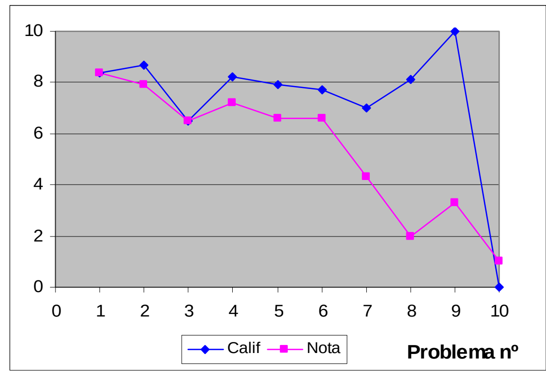


Gráfico 3. Conjunto C
Calificación y Nota media del grupo para cada problema.

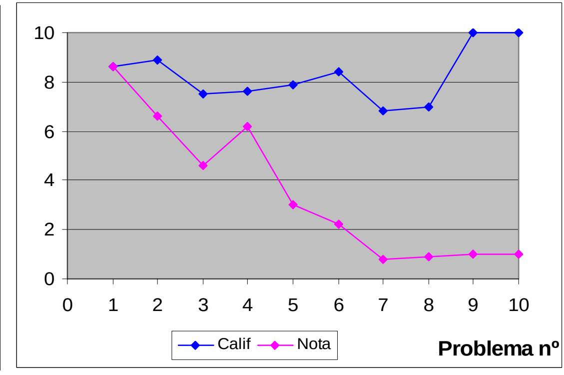


Gráfico 4. Conjunto D
Calificación y Nota media del grupo para cada problema.

8. RESULTADOS DEL CURSO

A continuación, se comparan los resultados obtenidos en la asignatura (trabajo durante el curso más nota de examen final en la convocatoria ordinaria) para tres grupos de alumnos:

- El grupo formado por los conjuntos A+B+C+D, que han seguido con mayor o menor continuidad el ritmo de trabajo cooperativo.
- El grupo de alumnos con nota inferior a 2 que en la práctica no se han involucrado en el trabajo cooperativo.

- El grupo formado por alumnos repetidores que prepararon la asignatura en un grupo especial.

Del primer grupo, que participó en el trabajo cooperativo, se presentan al examen 19 alumnos de un total de 82 y 11 de ellos superan la asignatura. El rendimiento sobre el número total de alumnos es bajo, pero el porcentaje sobre los presentados el resultado es alto. Los que han realizado un esfuerzo durante el curso se presentan al examen y lo superan.

Del grupo con nota inferior a 2 (26 alumnos en total) se presentan seis al examen y dos de ellos aprueban que, evidentemente, prepararon la asignaturas por otros medios.

Del grupo de 72 repetidores, se presentan al examen 41 y 25 superan la asignatura.

Estos resultados se presentan en el gráfico 5.

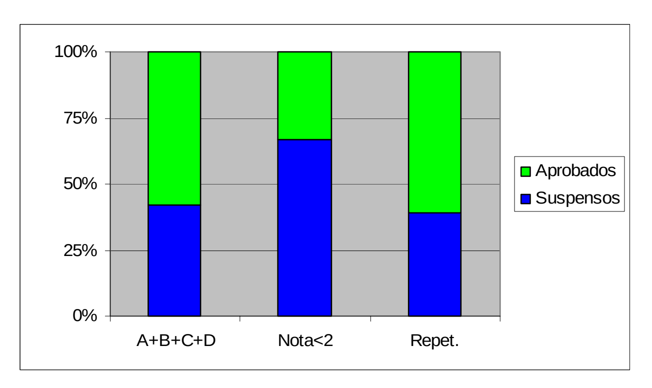


Gráfico 5. Comparación de resultados para varios grupos.

En el gráfico 6 se desglosa el resultado de todos los alumnos que participaron en el trabajo cooperativo (Conjuntos A+B+C+D). La pertenencia a uno u otro conjunto ha sido decisiva para la toma de decisión de presentarse o no a examen. Tienen conciencia de los conocimientos adquiridos y una consecuencia del trabajo realizado consiste en tener bastante claro cómo ha de prepararse la asignatura para superar el examen.

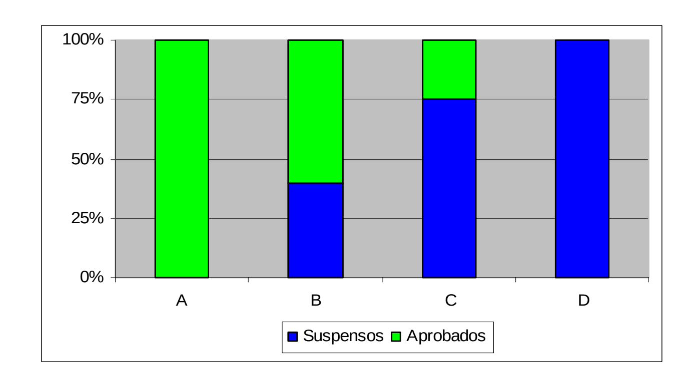


Gráfico 6. Desglose de resultados para cada conjunto.

9. DEBILIDADES Y FORTALEZAS

Las dificultades encontradas son diversas y variadas:

- El nivel de entrada. El *test* de conocimientos previos y la información obtenida a lo largo del cuatrimestre ponen de manifiesto que el nivel de entrada de los alumnos es muy dispar y lamentablemente bajo. Mientras hay unos pocos alumnos que dicen seguir toda la asignatura bien o muy bien, otros ya siguen mal el primer tema de vectores, básico para el resto de la asignatura y, a partir de ahí, se "desfondan" de forma irrecuperable.

- La carga de trabajo. Debido al nivel de entrada y al esfuerzo necesario para seguir todas las asignaturas del curso, a muchos les resulta una carga de trabajo inabordable. Cálculo y Física son las asignaturas que les presentan mayor dificultad. Si además se tiene en cuenta que en Física necesitan hacer uso de herramientas matemáticas, su "lógica" les indica que la Física es la primera asignatura a abandonar.

- El ritmo de estudio. El ritmo de estudio. En esta asignatura partimos prácticamente de cero. Empezamos diciendo lo que es una magnitud escalar y una vectorial, vector, suma de vectores, etc. El problema es que para hacerse con estos conocimientos básicos (que corresponden a programas de Bachillerato) y con los subsiguientes de nivel bajo o medio, se necesita un trabajo intenso y continuo; tanto más intenso cuanto menor es el nivel de partida, y muchos alumnos no están acostumbrados a este ritmo de trabajo.

- La constancia. En general, se nota un seguimiento muy irregular de la asignatura y de la presentación y calificación de problemas, con faltas tanto en problemas presentados, como en sesiones de calificación o clases de teoría. En cuanto a aspectos favorables, podemos citar los siguientes.

- Interés inicial. Al principio, los alumnos, en general, se han mostrado interesados por participar. En algunos casos se les notaba interesados en presentar bien los problemas resueltos, acudiendo a tutorías para resolver dudas. Para los buenos alumnos era un reto a superar. En otros casos les resultaban más interesantes los dos puntos sobre la nota final, ya que pedían que se guardasen para exámenes posteriores. Quizá sin darse cuenta de que había que obtener altas calificaciones para que la influencia fuese positiva.

- Interrelaciones. La realización de problemas en grupo resultó una actividad grata. Es un trabajo cooperativo durante el cual da seguridad el hecho de poder apoyarse en el grupo. Para presentar los problemas en grupo debían previamente llegar a un acuerdo. Si alguno llevaba la voz cantante debía explicar sus ideas a los demás, lo que resulta beneficioso para todos los componentes del grupo.

- Habilidades desarrolladas. La calificación de problemas de otros compañeros contribuye a desarrollar la responsabilidad. Se fomenta claramente el trabajo cooperativo. Aprenden y practican la exposición oral en público. Con la calificación de otros ejercicios se aprende también.

10. CONCLUSIONES

Creemos que se ha dado un primer paso para la realización de trabajo cooperativo con aprovechamiento.

En cuanto a la formación de los grupos, para su buen funcionamiento, además de la personalidad de los participantes, tiene influencia si están equilibrados en conocimientos así como el grado de interés que ponen en los problemas de grupo.

Como la mayoría son alumnos nuevos en la Universidad, les viene bien tener puntos de apoyo para seguir la asignatura a los largo del cuatrimestre.

El seguimiento de cerca de los alumnos hace que estos se decanten y algunos abandonen del todo o se relajen en la preparación de la asignatura. Con este seguimiento, cada alumno es consciente del grado de conocimientos que tiene.

Esta metodología hace que los alumnos sean más conscientes de los pasos que tienen que dar para preparar la asignatura.

El elevado número de alumnos, la disparidad de conocimientos y el diferente grado de seguimiento de la asignatura, hacen que el resultado “macroscópico” no se tan bueno como podría esperarse.

La nota final de un alumno mide su implicación en este trabajo, lo que nos indica el grado de preparación de la asignatura y lo disciplinado que es.

Se puede hacer trabajo cooperativo con un grupo numeroso de alumnos, aunque no sea lo más adecuado. Desde nuestro punto de vista, queda por mejorar la respuesta de los estudiantes en cuanto a su incorporación activa a estas metodologías que conllevan un esfuerzo de estudio cotidiano y constante.

Finalmente, citamos que la experiencia ha sido desarrollada íntegramente por una profesora aplicando, sin reconocimiento oficial, una mayor dedicación que la que correspondería con el mismo grupo en docencia tradicional. Esto representa una carga adicional de trabajo difícilmente asumible de forma continua con lo que este tipo de experiencias o su aplicación oficial requeriría un refuerzo de profesorado.

REFERENCIAS

1. J. González, R. Wagenaar (eds.), *Tuning Educational Structures in Europe*, Universidad de Deusto, Bilbao (2005):
(http://www.relint.deusto.es/TUNINGProject/index.htm).
2. R.M. Masegosa *et al*., *Experiencia piloto en la EUIT. Aeronáutica: Organización de la experiencia*, Jornadas Nacionales de intercambio de Experiencias Piloto de Implantación de Metodologías ECTS, Badajoz, septiembre 2006.

3. F.J. Barbas González *et al*., *Experiencia piloto en la EUIT. Aeronáutica: Resultados de la Experiencia,* Jornadas Nacionales de intercambio de Experiencias Piloto de Implantación de Metodologías ECTS, Badajoz, septiembre 2006.
4. M.A. Zabalza, *Evaluación de los Aprendizajes en la Universidad*, en A. García Valcárcel (Ed.), Didáctica Universitaria, La Muralla, Madrid (2001).

APRENDIZAJE ACTIVO BASADO EN LA INICIACIÓN A LA INVESTIGACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA EN PRIMER CURSO DE CARRERA

Elena Cerro Prada, Rosa Domínguez Gómez, Luis B. López Vázquez, Rosario Torralba Marco
Departamento de Ingeniería Civil: Tecnología Hidráulica y Energética
Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas
Universidad Politécnica de Madrid
elena.cerro@upm.es

La continua búsqueda por parte del profesorado de nuevos recursos didácticos que produzcan un aprendizaje significativo y activo del estudiante, refleja la complejidad de la actividad educativa. En este trabajo se recogen experiencias llevadas a cabo por nuestro Departamento, en la EUIT de Obras Públicas (UPM) encaminadas al desarrollo de un aprendizaje activo aplicando técnicas alternativas que inicien a los alumnos en la investigación de estas dos Ciencias básicas, como son la Física y la Química.

1. INTRODUCCIÓN

La amplia mayoría del profesorado universitario utilizamos como método principal y fundamental de instrucción las tradicionales “clases magistrales” o exposiciones argumentadas, donde el estudiante escucha, interpreta y traslada a sus apuntes lo que el profesor ha expuesto.

Los estudiantes tienen que aprender por sí mismos, nadie aprende por otro. El alumno tiene que transformar la información en conocimiento y este en sabiduría. Es un proceso personal que requiere, y lo consideramos como un reto, convertir a los estudiantes de oyentes *pasivos* a oyentes *activos*, para lo cual es necesario desarrollar estrategias de enseñanza que involucren al estudiante en la participación activa de su propio proceso de formación (1).

Sólo a partir del conocimiento y de la motivación se puede despertar la curiosidad por el mundo que nos rodea y, en nuestro caso, sobre las implicaciones de la Física y de la Química en la vida cotidiana. Una opinión bastante común entre todos los miembros de la comunidad científico - tecnológica es la conveniencia de impulsar la educación y formación, en estos campos, de la ciudadanía en general y de los estudiantes en particular, ya que se garantiza el desarrollo de la sociedad del conocimiento (2).

En nuestro caso, una de las estrategias de aprendizaje activo consiste en programar una serie de prácticas de laboratorio que permiten a los estudiantes la observación directa de los fenómenos físicos y químicos, así como la verificación de leyes experimentales que sustentan aspectos conceptuales de ambas Ciencias. Como

complemento, se proponen una serie de problemas que son resueltos posteriormente en clase.

1.a. Aprendizaje activo

Las estrategias de aprendizaje activo deben considerar, fundamentalmente, que los estudiantes:

- Se involucren activamente en las clases.
- Participen en actividades relacionadas con los temas expuestos, como son la lectura de documentación adicional, las discusiones o debates sobre aspectos específicos, o bien el desarrollo de resúmenes o trabajos escritos.
- Aumenten su motivación (sobretodo los estudiantes de primeros cursos de grado).
- Desarrollen su capacidad de análisis, de síntesis y de evaluación, a través de los debates o discusiones surgidos a lo largo del desarrollo de la actividad o trabajo propuesto.

Por otro lado, el docente que dirige una estrategia de aprendizaje activo debe quitar énfasis a la transmisión de la información para esforzarse en explorar las habilidades, aptitudes y valores del estudiante.

1.b. Inconvenientes del aprendizaje activo

Las evidentes ventajas de la utilización de métodos de aprendizaje activo (3) pueden verse minorizadas por ciertos inconvenientes derivados de la no superación de los obstáculos que se presentan durante la ejecución de estas técnicas docentes. Las barreras más comunes que se encuentra el docente al poner en uso estrategias de aprendizaje activo son:

- Normalmente, no es posible cubrir todos los contenidos del programa.
- Las técnicas de aprendizaje activo requieren mayor tiempo de preparación de las clases.
- La disponibilidad de material y soporte técnico necesario para llevar a cabo métodos de aprendizaje activo suele ser escasa.
- Los estudiantes presentan cierto rechazo inicial a las clases no tradiciones, generalmente por desconocimiento de estas metodologías.

El primer inconveniente es claro en cuanto a que la cantidad de materia necesaria para cubrir el programa de la asignatura está asignada a un tiempo limitado de impartición. El docente, por tanto, debe asegurar la instrucción de dichas materias como punto prioritario, además de incluir entre sus técnicas de aprendizaje aquéllas que involucren al alumno de manera activa, a través de lectura de documentación adicional y desarrollo de trabajos escritos que sean elaborados fuera de las horas dedicadas a docencia.

En referencia al segundo punto, entendemos que el docente debe considerar que recibe mayor gratificación personal elaborando material docente para su utilización en

clases de aprendizaje activo, en lugar de preparar o “reciclar” clases ya impartidas en años anteriores, aunque inevitablemente en ello debo deba invertir más tiempo. Por otra parte, la utilización de material técnico adicional, puede suponer para el docente un reto añadido a la maestría de la clase; no sólo debe considerar el dominio de los contenidos, sino también la determinación en exponer esos conocimientos a través de medios adicionales a su propio discurso (4).

Por último, los alumnos manifiestan un desinterés inicial cuando se les plantea la asistencia a clases de aprendizaje activo. El hecho de asistir a este tipo de clases, donde tienen la oportunidad de participar de manera activa, les obliga a llevar una cierta preparación personal de los contenidos que se van a impartir y a lo que, además, hay que añadir la elaboración posterior de informes o trabajos basados en la clase. El docente debe, por tanto, tratar de incentivar a los estudiantes con el fin de crear un interés “rentable” para la asistencia y participación en dichas clase, como por ejemplo considerando la valoración del trabajo activo del alumno como parte de su calificación de la asignatura.

2. EXPERIENCIA DE FÍSICA

Nuestra experiencia ha sido enfocada con el objetivo de solventar, en mayor o menor medida las barreras antes mencionadas, que suelen presentarse a la hora de llevar a cabo las estrategias de aprendizaje activo (5). Para ello, hemos confeccionado seminarios monográficos sobre la Física, haciendo uso de técnicas basadas en la tecnología de la información, intentando, sin embargo, minimizar los requerimientos de equipamiento que puedan suponer las exposiciones de dichos seminarios. Por otro lado, los contenidos incluidos en esas clases se adecuarán al programa de la asignatura de Física, agrupando varios temas del mismo, con el objetivo de cubrir el plan de estudios de la asignatura. El alumno puede asistir a los seminarios y participar, si lo desea, cuando el profesor plantea la discusión o debate del contenido del mismo, una vez concluido éste. A continuación, el estudiante debe hacer uso de los recursos de material, documentación e información disponibles, con el fin de elaborar un trabajo individual o en grupo (cuatro alumnos como máximo), que recoja los contenidos del seminario, además de ampliar ciertos puntos indicados durante la exposición.

Durante el curso académico 2005/06, se impartieron cuatro seminarios monográficos en la asignatura de Física, dos por cada cuatrimestre. Se asignaron dos grupos de alumnos, un grupo de mañana y un grupo de tarde, como destinatarios de los seminarios, de forma que cada grupo de estudiantes asistió a un seminario por cuatrimestre. Se consideró la participación del estudiante en el seminario y la elaboración del trabajo posterior como parte de la calificación de la asignatura. Los seminarios se impartieron durante el horario lectivo.

Resaltamos los siguientes resultados obtenidos a partir de la experiencia:

- La asistencia de los alumnos a los seminarios rondó el 70 % en los grupos de mañana, mientras que sólo el 50 % de los alumnos matriculados en los grupos de tarde asistió a las sesiones monográficas. Se observó, además, mayor afluencia de alumnos

a los seminarios impartidos en el primer cuatrimestre del curso, bajando significativamente la asistencia en el segundo cuatrimestre. Cabe señalar que esta tendencia se observa igualmente en las clases magistrales; los alumnos muestran mayor interés en las asignaturas durante los primeros meses del curso.

- De los alumnos que asistieron a las sesiones monográficas, sólo el 80% realizó el trabajo individual posterior, evidenciando así el rechazo que muestran los estudiantes de primeros cursos de carrera ante el desarrollo de trabajos escritos que pongan de manifiesto su capacidad de análisis.

- La práctica totalidad de los alumnos que elaboró el trabajo a partir del seminario mostró mayor interés en la asignatura de Física. Estos alumnos se diferenciaron tanto por su asistencia a tutorías como por su mayor participación en las clases magistrales.

- La evaluación de los trabajos presentados por los alumnos no se basó en la “calidad” de los contenidos expuestos sino en la capacidad de síntesis del estudiante y, sobretodo, en la habilidad de obtener información relacionada con el tema del trabajo a partir de los recursos de investigación disponibles. En este sentido, cabe destacar que gran parte de los trabajos presentados obtuvieron una calificación positiva.

3. EXPERIENCIA DE QUÍMICA

El interés de la Química de los estudiantes en general, incluso en los que se decantan por los estudios tecnológicos, es más bien escaso (6). Por esta razón desde hace varios años, en nuestra unidad docente recogemos información sobre los estudios previos de química de los alumnos que ingresan en nuestra Escuela. Estos datos nos demuestran que aunque alrededor del 60 % han estudiado Química en Bachillerato, sólo el 34% de estos alumnos se ha examinado de la asignatura en Selectividad. Esto supone que prácticamente el 80 % de los alumnos ingresan con muy escasos conocimientos de Química.

Con esta premisa, y teniendo en cuenta que hablamos de grupos que rondan los 100 alumnos, está claro que no podemos abandonar los métodos tradicionales con clases magistrales que, como ya sabemos, implican la menor participación de los estudiantes, pero que también nos permiten avanzar más rápidamente en los contenidos. Somos conscientes que “apretándoles” con las clases magistrales, sobre todo en los primeros meses del curso, es muy difícil despertar el interés y entusiasmo por la Química en nuestros alumnos. Con este fin, y como es un problema que nos preocupa, cada curso introducimos “nuevas” metodologías pedagógicas que impliquen y despierten la curiosidad de la mayoría de los alumnos.

Durante el curso 2005/06 se hicieron varias propuestas a nuestros estudiantes, incluidas en una experiencia dentro de un proyecto que no nos fue concedido por lo que, sin ningún tipo de apoyo y, por tanto, con un gran esfuerzo por nuestra parte, lo pusimos en práctica. Una de las estrategias que contribuyen a acercar el proceso de enseñanza aprendizaje a situaciones reales es la técnica del estudio de casos (7,8). Como parte complementaria al desarrollo normal de las clases y refuerzo de las tutorías personales, se propuso a los alumnos problemas o cuestiones que debían

resolver en clase bajo la supervisión individualizada del profesor. De esta manera, los mismos alumnos se dieron cuenta de su capacidad para solucionarlos solos y, en caso contrario, se les dieron indicaciones para que encontraran el camino.

Otra propuesta consistió en la realización de un estudio dirigido La participación en la experiencia se llevó a cabo de forma voluntaria, en la segunda mitad del segundo cuatrimestre del curso. Para realizar estos trabajos, todos ellos relacionados con temas específicos del programa de la asignatura y que sobrepasaban los contenidos propios del programa, los alumnos hicieron grupos (mínimo 3 alumnos y máximo de 5). A cada grupo se le asignó un tema, y ellos debían hacer una primera búsqueda de la información y elaborar un pequeño guión sobre el desarrollo del tema. Una vez elaborado el esquema, debían reunirse con el profesor, quien le daría las orientaciones precisas.

Cada miembro del grupo se encargaría de una parte del trabajo, con las consiguientes puestas en común y la elaboración de un resumen, que entregarían al profesor. Estos trabajos fueron expuestos en clase, con la participación de todos los miembros del grupo ante el resto de sus compañeros. En la calificación de los trabajos, además del profesor, también se implicó a los compañeros. Los resúmenes de los trabajos entregados por cada grupo, fueron corregidos por el profesor y entregados a todos los alumnos para completar su información sobre todos los temas tratados.

Entre los resultados observados podríamos resaltar:

- El proponer en la clase cuestiones o problemas concretos (casos), acerca a los alumnos a la realidad mediante la aplicación de sus conocimientos aprendidos en el aula. Además, al ser una experiencia de aula, es más difícil para el alumno su no participación en la resolución de los mismos.
- En el estudio dirigido, la participación de los alumnos se aproximó al 50 %.
- En ambas experiencias, aunque el ritmo de aprendizaje es más lento, inicia a los alumnos en formas de trabajo que la mayoría desconoce y que en el futuro les serán muy útiles.
- El alumno va asimilando una metodología de estudio.
- Se potencia el trabajo en equipo y permite que los más tímidos se integren dentro del grupo con ayuda de sus compañeros.
- Se potencia el desarrollo de la responsabilidad individual del alumno en su propio trabajo y en el de sus compañeros.
- Se favorece la relación entre el profesor y los alumnos.

4. CONCLUSIONES

Como profesionales de la educación universitaria debemos introducir, cada vez más, estas metodologías en el proceso de formación de nuestros alumnos; no debería ser relevante tanto “el qué se enseña” sino “el cómo se enseña”.

No hay duda de que la implantación de estas metodologías docentes motiva y beneficia a una gran mayoría de los alumnos. Los resultados de la experiencia fueron muy positivos ya que la mayoría de los estudiantes se implicaron y disfrutaron de la

experiencia, además y como parte importante, repercutió positivamente en sus calificaciones finales.

Finalmente, tanto la experiencia llevada a cabo en Química como la de Física, han supuesto una motivación a nuestros alumnos para enfrentarse al desarrollo de trabajos de iniciación a la investigación, que fomentan el interés del estudiante por la búsqueda activa del conocimiento.

REFERENCIAS

1. L. Margalef, *Revista Iberoamericana de Educación*, **2004**, 37/3, 1-12.
2. V. de Semir, *Quark, Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, **2006** 37-38, 4-9
3. J. Kovac, *J. Chem. Educ.*, **1999**, 76(1), 120-124.
4. R.E. Rice, *J. College Sci. Teaching*, **1998**, 27(4), 267-272.
5. L.C. Hodges, *J. Chem. Educ.*, **1999,** 76(3), 376-77.
6. F.C. Centella, G. Fonrodona, M. Corbella, *An. Química*, **2006**, 102(4), 64-67.
7. J.A Sánchez Núñez. *Apuntes del curso "Técnicas alternativas para la enseñanza universitaria"*, ICE de la UPM, marzo 2005.
8. L.G. Richards, *et al.*, *J. Eng. Educ.*, **1995**, 84(4), 375-381.

EL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS (ABP) COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA EN QUÍMICA GENERAL UNIVERSITARIA

Patricia Morales Bueno
Doctorado en Ciencias de la Educación (Pontificia Universidad Católica de Chile
Departamento de Ciencias, Pontificia Universidad Católica del Perú
Av. Universitaria 1801, San Miguel, Lima 32, Perú
pmorale1@uc.cl

En este artículo se realiza una breve revisión de la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y de las diferentes formas en las que ha sido adoptada en instituciones de educación superior. Asimismo se describe la implementación de un modelo híbrido ABP, como estrategia didáctica, en los cursos de Química General de la Pontificia Universidad Católica del Perú, señalando algunos logros alcanzados. Finalmente, se presenta un ejemplo de problema ABP, usado en la unidad denominada "Aspectos Termodinámicos de los Procesos Químicos".

1. APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS (ABP)

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) (*Problem-Based Learning*, PBL) representa un importante cambio y desarrollo en la práctica educativa, a nivel superior, que continúa teniendo un fuerte impacto a través de las materias y disciplinas en todo el mundo. Esto se refleja en el incremento del número de programas e instituciones que lo han adoptado. Sin embargo, no hay un acuerdo unánime respecto a las bases teóricas del ABP y su práctica. En la literatura ha sido definido y descrito en una variedad de formas. Gijbels *et al.* (1) sintetizan algunas de las concepciones estudiadas:

- Aproximaciones contextualizadas a la instrucción que asegura el aprendizaje y la enseñanza en problemas concretos.
- El aprendizaje que resulta del proceso de trabajar hacia el entendimiento o resolución de un problema, el cual sirve como foco de estímulo para la aplicación de habilidades de resolución de problemas o razonamiento, así como para la búsqueda de información o conocimiento necesarios para entender los mecanismos responsables del problema y cómo podría ser resuelto.

Boud y Feletti (2) definen al ABP como una aproximación a la estructura del currículum, que implica confrontar a los estudiantes con problemas de la práctica, lo cual proporciona un estímulo para el aprendizaje. Este espectro de definiciones muestra cuán difícil es llegar a una definición universal.

La adopción del ABP en las diferentes instituciones, Facultades y disciplinas, se ha realizado mediante un proceso de adaptación a las características propias, contextos y necesidades de cada una de ellas, por lo que podría decirse que hay tantas modalidades de ABP como implementaciones producidas. Sin embargo, se hace

necesario formular una definición básica o un modelo central que sirva de base de comparación con otros métodos educativos. En este sentido, la referencia más frecuente es Howard Barrows, profesor de la Facultad de Ciencias de la Salud en *McMaster University*. Barrows (3) define al ABP como "*un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos*".

El mismo autor desarrolló un modelo central, basado en el método original de la Universidad de McMaster (Canadá), en el contexto de la educación médica, pero que ha servido de referencia robusta para muchos otros contextos (2). El modelo describe seis características centrales del ABP (4):

a. El aprendizaje está centrado en el alumno.
b. El aprendizaje se produce en grupos pequeños de estudiantes.
c. Los profesores son facilitadores o guías.
d. Los problemas constituyen el foco de organización y estímulo para el aprendizaje.
e. Los problemas son un vehículo para el desarrollo de habilidades de resolución de problemas reales.
f. La nueva información se adquiere a través del aprendizaje autodirigido.

Sobre la base de estas características centrales, las diferentes instituciones han optado, en unos casos, por asumir el ABP como un enfoque holístico de su currículum. En otros casos, este enfoque se asume de forma parcial y, en otros, se limita a uno o varios módulos o disciplinas. Chaves (5) hace una interesante diferenciación de estas variantes en la adopción del ABP y propone tres posibles acepciones:

- *Como filosofía del proceso educativo*: Concibe la educación superior a través del enfoque de problemas propios o representativos de la realidad sociopolítica, cultural, económica, científica y tecnológica, inmersa en su contexto bio-ecológico natural y geo-histórico, que conduzcan a través de la reflexión y abstracción compartida entre estudiantes y facilitadores, a la producción de conocimientos y al desarrollo de habilidades, destrezas, actitudes y valores éticos. Todo ello, mediante un proceso formativo, interdisciplinario e integrador, que cultive el humanismo y estimule el razonamiento crítico, la creatividad y responsabilidad para que el estudiante dirija su propio aprendizaje y asuma su compromiso social, con una permanente disposición a la autoevaluación y a la evaluación formativa.
- *Como paradigma curricular*: Concibe el abordaje de los diferentes componentes curriculares, de una determinada carrera profesional, a partir del enfoque de problemas que permitan, por medio de la interacción de estudiantes y facilitadores, la construcción de conocimientos, de manera integral e integradora y que signifiquen el logro de los objetivos y contenidos de los diferentes programas, a la vez que el desarrollo de habilidades, destrezas, actitudes y valores éticos. Las características del proceso son similares a las expresadas para el punto anterior.
- *Como estrategia didáctica*: Proceso que, a partir del enfoque de problemas, permite construir conocimientos y desarrollar habilidades, destrezas, actitudes y

valores éticos, concernientes al aprendizaje significativo de una asignatura, en particular, o a un grupo de áreas de estudio, integrando sus objetivos y contenidos interdisciplinariamente, a través de una concepción holística de la educación y del manejo continuo de la metacognición, del autoaprendizaje y de la evaluación continua y formativa.

La Facultad de Medicina de la Universidad de McMaster, es la institución originaria y representativa de la implementación del ABP como filosofía del proceso educativo y, bajo esta misma óptica, se ha difundido hacia muchas otras Facultades relacionadas al área de la Salud.

Un ejemplo en el cual la adopción del ABP se aproxima más a la de paradigma curricular, es el “Proyecto Principia”, desarrollado a partir de 1997, con estudiantes de Ingeniería de los primeros años del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), campus del Estado de México (6).

El caso más común, es la implementación del ABP como estrategia didáctica. La razón de ello es muy simple: el cambio de los paradigmas educativos tradicionales, que han estado enraizados en el sistema universitario por siglos, no es algo que pueda conseguirse de la noche a la mañana.

El proceso de reflexión, a nivel de todos los actores involucrados, es y debe ser un proceso lento pero seguro y, para ello, es necesario que las experiencias y esfuerzos realizados de manera individual, sean difundidos, para contribuir a abrir espacios que promuevan la reflexión de otros docentes, como un efecto multiplicador, que no significa la reproducción de experiencias, sino más bien, puntos de referencia que motiven a plantear otras interrogantes y que animen a incrementar la masa crítica que finalmente conduzca a la generación de procesos educativos innovadores.

2. EL ABP EN QUÍMICA GENERAL

En la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), los estudiantes de todas las especialidades de Ciencias e Ingeniería, deben cursar durante sus dos primeros años los llamados Estudios Generales Ciencias, en donde reciben una formación básica en las áreas de Matemática, Física y Química, además de algunos cursos de Humanidades y de iniciación a la especialidad.

El plan de estudios de todas las especialidades de Ingeniería, incluye dos cursos de Química General, distribuidos en los dos primeros semestres y un Laboratorio de Química en el segundo de ellos.

Tradicionalmente, estos cursos debían enfrentar los mismos problemas que se presentan en la mayoría de Universidades, es decir, bajos niveles de interés, motivación y participación de los estudiantes, quienes se limitaban a realizar el mínimo esfuerzo para aprobarlos y sin que esto significase una prioridad, puesto que, los cursos de Química no son pre-requisito para otros cursos de las mallas curriculares de Ingeniería.

Es así que, en el marco del Plan Estratégico Institucional 2000 - 2010 y como parte de un Plan de Revisión y Reestructuración de Contenidos y Metodología de los

planes de estudio de los Estudios Generales Ciencias, se empezó a implementar las metodologías de Aprendizaje Cooperativo y ABP en Química General (7,8).

El objetivo era conseguir que nuestros alumnos logren aprendizajes significativos de la Química, reconociendo la importancia de su estudio en el contexto de su propio mundo profesional y cotidiano, y a la par, que se hagan partícipes activos de sus procesos de aprendizaje, que desarrollen su pensamiento crítico y su capacidad analítica, que puedan afrontar problemas complejos, que sepan buscar y procesar información y que desarrollen habilidades de trabajo en equipo y de comunicación.

Evidentemente, el modelo educativo que constituye la propuesta de ABP, como estrategia didáctica, significó una alternativa prometedora en el intento de conseguir alcanzar estos objetivos.

Una decisión importante, tomada durante el proceso de implementación, fue el de trabajar bajo un modelo híbrido de ABP. La razón principal fue que nuestros estudiantes vienen de una enseñanza media en la que se trabaja mayoritariamente de manera tradicional, sobre todo en los cursos de Ciencias.

El estudiante está acostumbrado a tener un rol pasivo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo que es necesario iniciarlo en un rol más activo, convirtiéndose esta iniciación en parte del proceso.

En nuestro modelo híbrido, para cada unidad temática del curso se tiene la siguiente secuencia:

a. Presentación del problema ABP, que corresponde a una situación real (o que puede serlo), relacionada con los objetivos de aprendizaje de la unidad temática. El problema debe ser suficientemente complejo y desafiante para motivar y mantener el interés de los estudiantes a lo largo del proceso y para asegurar que sea trabajado en equipo. En esta etapa, cada grupo de estudiantes realiza una lluvia de ideas en relación al problema, identificando los conceptos conocidos y los que deben conocer y que consideran son necesarios para enfrentarlo. Asimismo, organizan el trabajo del grupo en función del plan de desarrollo del problema que ellos elaboran.

b. Desarrollo paralelo de actividades de aprendizaje, diseñadas por el equipo de profesores, que permiten introducir al estudiante a la dinámica del trabajo cooperativo, además de guiarlos en su proceso de búsqueda y construcción del conocimiento. Simultáneamente, conforme avanzan en este proceso, ellos continúan trabajando en su estrategia de desarrollo del problema ABP.

c. Culminación y presentación de las propuestas de solución del problema ABP.

En la Figura 1 se muestra un esquema del modelo híbrido ABP implementado.

La discusión grupal y la asesoría y guía del profesor constituyen un soporte importante durante todo el proceso. Los estudiantes recorren esta secuencia tanto como sea necesario, hasta llegar a un planteamiento de solución del problema ABP.

2.1. Algunos logros

Si bien al inicio de la implementación se presentaron las resistencias esperadas en los estudiantes, en forma gradual se logró un alto nivel de motivación en ellos.

Algunos comentarios de los alumnos que pertenecieron al primer grupo que trabajó con ABP en los cursos de Química (en el año 2001), hacen evidente el impacto del trabajo grupal en su forma de estudiar: "...Porque ahora es bueno saber interrelacionarse con las demás personas de una manera organizada, como sucedió en mi grupo, lo cual será útil en las distintas carreras a las que uno va..."; "...Porque el resolver las tareas grupales me incentivó a trabajar más en equipo y a ayudarnos mutuamente, conociendo las diferencias y limitaciones de cada uno de nosotros..."; "...Te hace tener constancia, se requería estudiar casi todos los días y es una forma de crear la organización en el alumno. Además no se le puede fallar a un grupo..."; "...Te mantienen al tanto del curso por poco tiempo, pero todos los días".

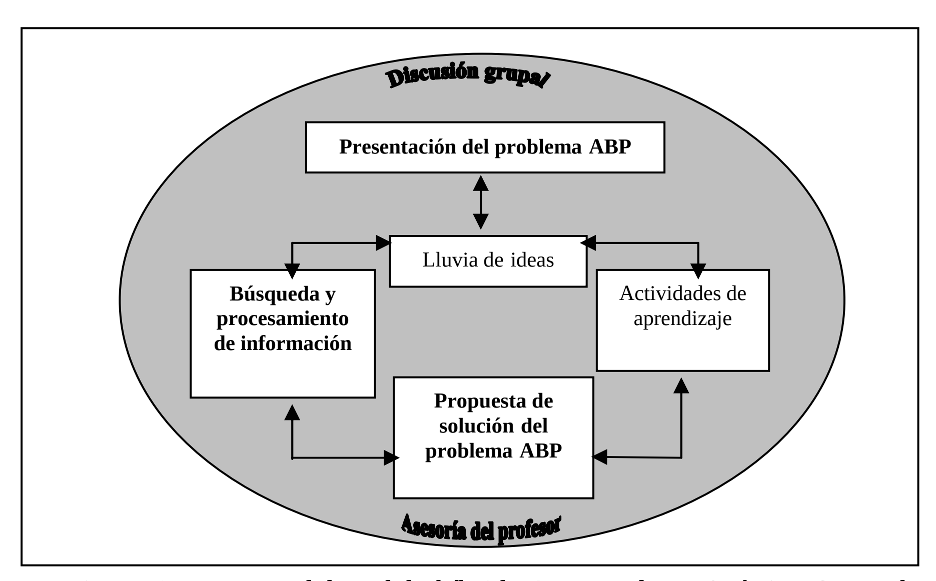


Figura 1. Esquema del modelo híbrido ABP usado en Química General de los Estudios Generales de Ciencias (PUCP).

Asimismo, estos estudiantes valoraron el hecho de trabajar con problemas conectados a la realidad: "...Hace que la enseñanza sea práctica, en el sentido que le encuentras utilidad a los conocimientos..."; "...Porque el trabajo en grupo y la constante interacción con los profesores y jefes de práctica me permitieron abrir más mis relaciones, cosa que no se da con frecuencia en los cursos de Ciencias. Fue interesante y divertido responder a problemas propuestos de casos reales y no simplemente calcular por calcular, teníamos que pensar más..."; "...Lo más importante que no dudo en resaltar, es la utilidad del curso en la vida diaria. Se comprende el por qué tiene que formar parte de nuestra cultura general. Es así como decidí llevar el curso de Biología este semestre, porque siento la necesidad de querer saber más a fondo cómo funciona nuestra naturaleza..."

Estas primeras impresiones fueron corroboradas en los semestres siguientes (años 2002 y 2003), a través de los resultados de encuestas aplicadas al finalizar el curso (9).

En ellos se encuentra, entre otras cosas, que: entre el 70 y el 80 por ciento de los estudiantes, manifiesta tener claridad en los conceptos aprendidos, entre el 60 y el 75 por ciento manifiesta que siente haber aprendido mejor con la metodología ABP que con una tradicional, entre el 70 y el 80 por ciento manifiesta que el curso le permitió tener un entendimiento de los fenómenos que ocurren en su entorno, y entre el 75 el 80 por ciento manifiesta que sus habilidades de comunicación e intercambio de ideas mejoraron a lo largo del curso.

En cuanto al rendimiento académico, relacionado al porcentaje de aprobados en el curso y notas finales, los logros también fueron notables. Durante los dos primeros años de implementación (2001 y 2002), el promedio de notas finales se elevó hasta un 10% con respecto a el promedio habitual obtenido con el método tradicional. El porcentaje de aprobados pasó de un promedio de 60% en el método tradicional, a un 90% en el método ABP. Desde el año 2003, los cursos de Química están a cargo de profesores que continúan trabajando con el modelo híbrido ABP, así como de profesores que prefieren mantenerse en el método tradicional. La comparación de notas finales y de porcentaje de aprobados entre los grupos ABP y los grupos tradicionales, resulta en diferencias significativas favorables para los primeros grupos.

Es evidente, a la luz de estos primeros resultados de evaluación de logros en la implementación del modelo híbrido ABP, que el aprendizaje de la Química puede despertar un profundo y auténtico interés en los estudiantes, particularmente en aquellos que tradicionalmente la consideraban como una materia innecesaria y aburrida. Además, permite reafirmar un concepto de enseñanza-aprendizaje, en el que no se pierde la real esencia de la Química: una Ciencia que nos permite conocer, entender y explicar la mayoría de fenómenos de nuestro mundo y que, además, nos permite trabajar para mejorar las condiciones de vida, especialmente en nuestros países en desarrollo. Entendemos que uno de nuestros principales objetivos como profesores de Química debe ser, aproximar esta Ciencia a nuestros estudiantes, conectándola al mundo real en el cual ellos se desarrollarán como personas y profesionales responsables, evitando convertirla en una Ciencia inaccesible.

2.2. Ejemplo de problema ABP

A continuación se presenta, a modo de ejemplo, uno de los escenarios ABP usados para el desarrollo del curso de Química 2. Teniendo como base este escenario, para cada unidad se adicionaba una etapa, relacionada con los objetivos de la unidad. La primera etapa, que se presenta aquí, corresponde a la unidad denominada “Aspectos Termodinámicos de los Procesos Químicos”.

Escenario:

Un grupo de jóvenes ingenieros, recientemente graduados, está muy entusiasmado pues han formado una empresa, Proyectum S.A., que se dedicará al diseño, evaluación y realización de proyectos que puedan contribuir a mejorar la difícil situación en la

que se encuentra el país. Durante su época de estudiantes, solían pasar sus temporadas de vacaciones en una zona muy hermosa de la Sierra Norte, que se destaca por su gran diversidad de flora, la cercanía de un bosque nativo, quebradas, ríos y lagunas, además de fuentes de aguas termales. Era común que algunos grupos fueran a acampar allí en diferentes épocas del año. Después de varias reuniones de trabajo, en las que se discutieron muchas ideas para emprender el primer proyecto, deciden finalmente dedicarse a la planificación de un complejo turístico en aquel lugar.

Los primeros acuerdos en cuanto a este diseño consideran que debe haber un hotel de cinco estrellas, con 200 habitaciones y ambientes acogedores, tres restaurantes, una sala de juegos para niños y otra para jóvenes, bar, gimnasio equipado con máquinas de última generación, piscinas termales cubiertas y piscina exterior, el mejor y más completo *spa* termal y una excelente discoteca.

Uno de los aspectos importantes a considerar en el proyecto es el de seguridad. En los últimos años han ocurrido una serie de lamentables siniestros que han motivado que las exigencias en seguridad sean mucho más rigurosas. Dado que ellos son empresarios novatos, no cuentan con los recursos para contratar expertos en seguridad, y es por ello que recurren a su "*alma mater*" para solicitar la colaboración de estudiantes de Ingeniería, que los ayuden con algunos aspectos del análisis de riesgos en su proyecto. Los ingenieros de Proyectum S.A. piensan que esta es una excelente oportunidad para que estos estudiantes empiecen a tener contacto con las aplicaciones de sus estudios profesionales y ganen experiencia valiosa.

Los grupos de trabajo del curso de Química 2 van a participar de este proyecto. Ellos deberán presentar en tres meses, a partir de la fecha, una propuesta para el complejo turístico, que puede ser presentada en forma de maqueta o gráficos que muestren la distribución de los diferentes ambientes considerados en el proyecto. Además deberán presentar informes relacionados con el análisis de diferentes situaciones de riesgo, cuyas características les serán proporcionadas gradualmente en diferentes etapas durante el transcurso del plazo establecido. El formato de presentación de los informes será detallado en cada una de estas etapas. Los ingenieros de Proyectum S.A. irán evaluando estos informes parciales para hacer un seguimiento del avance de los grupos.

Con el fin de identificar desde un inicio cada una de las propuestas que se irán desarrollando, Proyectum S.A. solicita que en cada uno de los grupos se haga una propuesta de nombre para el complejo turístico. El expediente de cada grupo será etiquetado con este nombre y el del grupo proponente. El mejor trabajo, al finalizar el plazo, será considerado en la ejecución del proyecto.

Primera etapa:

Uno de los primeros estudios de riesgo que Proyectum S.A. quería realizar está relacionado con la discoteca del complejo turístico. Son conocidos los lamentables sucesos ocurridos en otras discotecas que implicaron la muerte de muchas personas.

Por esta razón deciden encargar a los grupos de estudiantes participantes del proyecto la siguiente investigación:

1) Elaborar un informe, de tres páginas como máximo, en el que se presenten las normas mínimas de seguridad aplicables a discotecas. Este informe deberá ser presentado por el grupo en la segunda semana de clase de Química 2, en el segundo día y deberá indicarse las referencias consultadas.

2) La capacidad máxima estimada para la discoteca es de 300 personas. Según esto, el grupo debe proponer la cantidad mínima y el tipo de bebidas alcohólicas, indicando el contenido de alcohol en cada caso, que la discoteca podría tener en el almacén. El 10% de estas bebidas serían ubicadas en el bar de la discoteca. Para ello debe tener en cuenta que:

a) Se está considerando elaborar el mobiliario de la discoteca usando madera de eucalipto y una espuma rígida polimérica, nueva en el mercado, denominada Poliespum. Se estima que la cantidad de madera a utilizar es de aproximadamente 800 kg.

b) La espuma rígida polimérica es estable térmicamente en el rango de –30 a 100 °C. Por encima de esta temperatura, la espuma se descompone generando el desprendimiento de gases que pueden ser asfixiantes y/o venenosos (NO (g), CO (g)).

c) El sistema de aire acondicionado de la discoteca mantendría una temperatura promedio en su interior de 25°C aproximadamente.

d) De producirse un incendio en la discoteca, las bebidas alcohólicas ubicadas en el bar y la madera del mobiliario arderían. El grupo debe sustentar con cálculos si su propuesta, en cuanto al abastecimiento de bebidas alcohólicas, significaría un aumento del riesgo de muerte por acción de gases asfixiantes y venenosos. Además deberá dar su opinión razonada acerca de la conveniencia de utilizar madera de eucalipto y Poliespum para la elaboración del mobiliario. Si el grupo considera hacer alguna recomendación adicional puede incluirla en su informe con la debida sustentación.

REFERENCIAS

1. D. Gijbels, F. Dochy, P. Van den Bossche, M. Segers, *Review of Educational Research*, **2005**, Vol. 75, 27.

2. D. Boud, G. Felleti (Eds.), *The challenge of Problem-Based Learning*, 2ª Ed., Kogan Page Limited, London (1997).

3. H. Barrows, *Medical Education*, **1986**, Vol.20, 481.

4. L. Wilkerson, W. H. Gijselaers, Eds., *Bringing Problem-Based Learning to Higher Education: Theory and Practice*, Jossey-Bass Inc. Publishers, San Francisco (1996).

5. O. E. Chaves, *Educación enfocada en problemas (EEP),* documento presentado en el curso-taller: Estrategias educativas centradas en el aprendizaje. Planeación e implementación del modelo Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la Facultad de Pedagogía de la Universidad de Colima, México, 2004. Extraído el 14 de junio del 2006 de: http://www.circulosbolivarianos.org/processo/educacion/eeptexto.pdf.

6. R. Polanco, R. Santiago, *Problem-Based Learning in engineering students: its effects on skills development*. Memorias PBL 2004 International Conference, México, 13-19 junio (2004).
7. P. Morales, *La experiencia de implementar Aprendizaje Cooperativo y Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en un curso de Química General para estudiantes de Ingeniería*, Memorias del XVIII Congreso Chileno de Educación en Ingeniería, Sociedad Chilena de Educación en Ingeniería (SOCHEDI) y Universidad del Bio Bio, Concepción, Chile, 6-8 octubre (2004).
8. P. Morales, *Revista de Química*, **2003**, Vol. 1 y 2, 39.
9. P. Morales, J. Sánez, *More than a good final mark: achievements in the implementation of PBL in general chemistry courses within the context of a university strategic plan*, Memorias PBL 2004 International Conference, México, 13-19 junio (2004).

APLICACIÓN DE LA EVALUACIÓN CONTINUA EN LA ASIGNATURA FISICOQUÍMICA DE SEGUNDO CURSO DE FARMACIA

Cristina Abradelo de Usera, Benito Garzón Sánchez, Paloma González García, Mª. Fernanda Rey-Stolle Valcarce, Mercedes Yuste Moreno-Manzanaro
Facultad de Farmacia, Universidad CEU San Pablo
Urbanización Montepríncipe, 28668 Boadilla del Monte (Madrid)
abradelo@ceu.es

La Facultad de Farmacia de la Universidad CEU San Pablo ha puesto en marcha la metodología de la evaluación continua con la intención de irse adaptando al Espacio Europeo de Educación Superior. Con objeto de que el alumno conozca de manera detallada los objetivos, metodología, requisitos y contenidos de las distintas asignaturas, se han elaborado de manera coordinada las guías docentes de las mismas. En este trabajo se presenta la guía docente de la asignatura de Fisicoquímica correspondiente al segundo curso de la Licenciatura en Farmacia.

1. INTRODUCCIÓN

En el segundo curso de la Licenciatura en Farmacia de la Universidad CEU San Pablo, el alumno debe cursar la asignatura de Fisicoquímica, de carácter troncal y de periodicidad anual. En nuestra Universidad tiene un total de nueve créditos distribuidos en cinco de teoría y cuatro de carácter práctico.

Como un paso hacia la adaptación al *Espacio Europeo de Educación Superior*, la Facultad de Farmacia ha puesto en marcha la metodología de la evaluación continua. Los profesores responsables de cada asignatura han elaborado, de manera coordinada con todas las demás asignaturas, una guía docente de la misma. En dicha guía aparecen recogidos los objetivos docentes y la metodología empleada en dicha asignatura, así como los requisitos que debe cumplir el alumno para poder aprobarla. Por otro lado, en ella figuran todos los aspectos que van a ser evaluados con su correspondiente porcentaje de la calificación global. Asimismo, aparece el programa teórico y práctico de dicha asignatura y la bibliografía recomendada.

Los alumnos tienen acceso a dichas guías docentes en el portal del alumno, en el momento en que se matriculan de dicha asignatura. Además, el primer día de clase el profesor se dedica a explicarla en su totalidad. Todas las guías docentes tienen la misma estructura y han sido elaboradas, como ya hemos comentado, de manera coordinada entre las distintas áreas de conocimiento, habiendo sido revisadas por una Comisión de profesores especializados en la implantación de esta nueva metodología, por haber recibido numerosos cursos de preparación tanto a nivel internacional como nacional. Dicha Comisión recibe el nombre de Comisión Platón/EEES.

Existen aspectos que son comunes a todas las asignaturas, como son los requisitos de asistencia. Los alumnos podrán acogerse a la evaluación continua, siempre que su

asistencia a clase sea superior al 75 %; en caso contrario, tendrán que superar la asignatura realizando un examen recopilatorio o en la convocatoria extraordinaria.

Además, si la asignatura consta de una parte teórica y otra práctica, la superación de la parte práctica es un requisito indispensable que se le exige al alumno para poder aprobar la asignatura. Por ello, si no ha superado por evaluación continua las prácticas, tendrá opción (siempre y cuando haya realizado la totalidad de las mismas en el laboratorio) de realizar un examen en convocatoria ordinaria y/o en extraordinaria.

La Universidad CEU San Pablo posee también un Campus Virtual que ha puesto al servicio de todo el profesorado y del alumnado. Como su nombre indica, se trata de un Campus Universitario de carácter virtual. En él, el alumno tiene acceso a su Facultad y así puede conocer las diferentes actividades que en ella se desarrollan como conferencias, cursos *on line*, fechas de exámenes, solicitud de tutorías, etc.

Atendiendo a esta nueva metodología docente, en la asignatura de Fisicoquímica se ha elaborado una guía docente, que es el objeto de este trabajo.

2. DESCRIPCIÓN DE LA GUÍA DOCENTE

El primer apartado de la guía docente es la identificación de la asignatura en la que se recoge el código, curso, ciclo, carácter, duración, número de créditos teóricos, prácticos y ECTS correspondientes, así como el Departamento al que pertenece. En el caso de la Universidad CEU San Pablo, esta asignatura es anual, de carácter troncal con nueve créditos, que suponen 7 créditos ECTS. El Departamento al que se encuentra adscrita es el de Física Aplicada, Fisicoquímica y Óptica.

En el segundo apartado, el alumno tiene acceso a los teléfonos, correos electrónicos y ubicaciones de despachos de los profesores que impartirán la asignatura, con objeto de poder contactar con ellos en cuanto lo necesite, además de que puede hacerlo directamente a través del portal del alumno.

El tercer apartado corresponde a los objetivos de la asignatura. Estos objetivos engloban los conocimientos y las competencias que el alumno debe alcanzar a lo largo del curso. En la guía se detallan los conocimientos genéricos y específicos que adquirirá el alumno. Dentro de los primeros, en Fisicoquímica, tendríamos el razonamiento matemático y el carácter de materia interdisciplinar, y en los segundos el conocimiento y aplicación de las principales propiedades fisicoquímicas para resolver problemas dentro del ámbito farmacéutico. También en este apartado aparecen las competencias genéricas y específicas y, dentro de estas últimas, las habilidades que desarrollará el alumno así como su actitud en el aula y en el laboratorio. El alumno de Fisicoquímica tendría como competencias genéricas las capacidades de análisis, síntesis, organización, planificación y resolución de problemas. También tendrá que tomar decisiones y trabajar tanto en grupo como realizar el aprendizaje de manera autónoma. Respecto a las habilidades ha de saber aplicar los conocimientos a casos reales para poder resolver los problemas así como para realizar las prácticas de laboratorio. Un aspecto también a destacar es la interpretación de datos así como el análisis de los mismos. En cuanto a la actitud que

deberá mantener tanto en el aula como en el laboratorio, ha de ser activa y participativa pero siempre respetuosa hacia el profesor, compañeros, institución e instalaciones.

El cuarto apartado recoge la metodología docente empleada por el profesorado para la impartición de la asignatura. La organización de la asignatura que hemos considerado más apropiada teniendo en cuenta todos los matices comentados es la siguiente: el programa teórico consta de dos bloques temáticos, uno que comprende el estudio de la Termodinámica Química, que se desarrolla en siete temas y otro bloque de Fenómenos de Transporte, desarrollado en un tema. De la misma manera, el programa de prácticas se divide en tres bloques: uno que completa el estudio de la Termodinámica Química, otro que corresponde al estudio de los Fenómenos de Superficie y el último correspondiente a la Cinética Química.

Con este estudio teórico-práctico de la asignatura el alumno recibe la formación necesaria en esta materia básica y que, por lo tanto, en asignaturas de cursos superiores podrá aplicar sus conocimientos de forma rigurosa.

Las clases teóricas se dividen en clases magistrales, seminarios y clases teóricas participativas. Tanto unas como otros se desarrollan por completo en el aula.

Las clases magistrales se imparten una vez finalizado un determinado grupo de temas, con la idea de interrelacionar los conceptos aprendidos y estudiar sus aplicaciones a casos reales dentro del ámbito farmacéutico, dando así al alumno una información complementaria y transversal de la Fisicoquímica.

Las clases teóricas participativas son de tipo expositivo y se dedican por entero al desarrollo del programa de la asignatura. La exposición es sistemática y deductiva, tomando como base los principios físicos en los que se fundamentan los fenómenos considerados. La exposición tiene carácter elemental, obligando al alumno a que llegue a dominar la técnica matemática propia de esta materia. Aunque se intenta resumir al máximo los desarrollos matemáticos y sólo se incluyen los más breves y sencillos, ya que el nivel de Matemáticas con el que llega el alumno a esta asignatura no es ni mucho menos el deseable. Esto provoca en él una dificultad añadida a la asignatura: muchas veces el alumno presta una excesiva atención al aparato matemático de una deducción y por lo tanto, pierde de vista el significado físico de lo que se está estudiando.

Los seminarios se dedican a la resolución de problemas y cuestiones. Estos ejercicios son entregados al alumno con suficiente antelación para que él sólo pueda enfrentarse al estudio de los mismos y le sirvan para aclarar las dudas y dificultades planteadas en el desarrollo de cada uno de los temas. La resolución de los problemas familiariza al alumno con técnicas de análisis numérico, le enseña a manejar correctamente las unidades e incluso le introducen a otros desarrollos matemáticos, importantes para su formación, pero que no se incluyeron en las clases expositivas para no romper su unidad y continuidad. Estos problemas y cuestiones se resuelven en su totalidad en el aula de forma participativa

De forma complementaria a los seminarios, en cada tema se realiza una sesión de talleres en los que los alumnos, formando grupos reducidos, deben resolver un

problema que plantea el profesor, ejercicio representativo de las cuestiones y problemas que se proponen en ese tema. Los alumnos discuten entre ellos la resolución, llegando a obtener sus propias conclusiones. El profesor evalúa el ejercicio resuelto por cada grupo atendiendo a su grado de participación y al éxito en las conclusiones obtenidas.

La resolución de cuestiones suele ser más complicada para los alumnos. En este tipo de ejercicios, normalmente no se dispone de datos numéricos y aquí no cabe la posibilidad de aprender a resolver modelos de cuestiones, como sí ocurre con los problemas. En las cuestiones es necesario manejarse únicamente con los conceptos y este hecho es el que justifica dicha mayor dificultad.

Además de estos ejercicios, dado que el alumno se enfrenta a una asignatura que le resulta especialmente complicada, y que el hecho de realizar multitud de ejercicios es fundamental para la superación de la misma, al alumno se le entrega una colección de problemas y cuestiones complementarias, junto con sus resultados. Este último material no se trabaja en el aula, aunque el alumno puede entregarlos resueltos al profesor y comentar con él todas sus dificultades.

En lo que respecta a las clases prácticas, hay que comentar en primer lugar una cuestión importante. El temario de las clases prácticas comprende una serie de experiencias que completan el estudio realizado en el aula, mientras que otras son experiencias de las que el alumno estudiará su fundamento teórico exclusivamente realizándolas en el laboratorio. Esto obliga a que el profesor, en el laboratorio, haga una exposición exhaustiva de dicho fundamento para que así el alumno estudie simultáneamente la teoría y práctica de algunos fenómenos fisicoquímicos.

La situación ideal sería aquella en la que los temas vistos por el alumno en teoría, fuesen estudiados de forma simultánea en el laboratorio. Esto resulta prácticamente imposible y los alumnos, divididos en grupos, van accediendo a las clases prácticas a lo largo de todo el curso académico.

Para calificar su progreso en la asignatura, el alumno realiza diferentes pruebas a lo largo del año, entrega ejercicios que se le encargan para su resolución de forma individual y se realizan discusiones en grupos reducidos sobre algún tema que el profesor propone y que obligan al alumno a profundizar sobre algunos aspectos importantes y siempre aplicados a la vida diaria de un profesional farmacéutico.

En el quinto apartado, se indican los criterios de evaluación que serán aplicados. Como se ha comentado anteriormente la superación de las prácticas es condición indispensable para aprobar la asignatura. Dicha calificación de prácticas es la media de las calificaciones obtenidas con el trabajo del laboratorio, la elaboración de un cuaderno de prácticas y la realización de un examen. En el caso de no superar las prácticas en su turno correspondiente, el alumno puede presentarse a un examen de recuperación en la convocatoria del examen recopilatorio y/o del examen extraordinario. Respecto a los criterios globales de evaluación, el alumno ha de obtener, como mínimo, calificaciones superiores a 4 (sobre 10) en los exámenes parciales para que se pueda hacer la media, y aprobará si el resultado global es igual o

superior a 5. En caso contrario, deberá presentarse al examen recopilatorio con los parciales en los que no haya alcanzado el 5.

También es este apartado se detallan las características correspondientes a cada examen, ya sea un examen parcial, el recopilatorio o el extraordinario. En la asignatura de Fisicoquímica se realizan tres exámenes parciales de cuatro preguntas, un examen recopilatorio con tres bloques correspondientes a cada parcial, para que el alumno pueda presentarse al parcial o parciales suspensos. Además si el alumno desea una calificación superior a la obtenida por evaluación continua puede presentarse al examen recopilatorio para mejorarla. En referencia al examen final extraordinario, el alumno ha de presentarse a la totalidad de la materia y en esta convocatoria no se aplicarán los porcentajes establecidos en la evaluación continua.

Dentro de este apartado de evaluación se indican los criterios mínimos de asistencia a clase, que corresponden a un 75% de las clases teóricas para poder acogerse a la evaluación continua y superar la asignatura por parciales y de un 100% a las prácticas de laboratorio. El último aspecto de la evaluación es una tabla en la que se recogen los porcentajes aplicados a cada aspecto de la asignatura. En este caso concreto que nos ocupa, tendríamos un 5% para la asistencia, un 30% para las prácticas de laboratorio y un 45% para los exámenes parciales o recopilatorio. El 20 % restante está asignado a la resolución de cuestiones y problemas complementarios suministrados por el profesor y de carácter voluntario (2%), un 10% a controles realizados en las horas de clase sin previo aviso, un 3% a la discusión en grupos de trabajo en talleres y un 5% a la participación activa en el aula y en el Campus Virtual.

Tabla 1. Porcentaje de actividades para el cálculo de la calificación final.

PARÁMETRO A EVALUAR		PORCENTAJE
Asistencia a clases teóricas (> 75%)		**5**
Prácticas		**30**
Trabajo	*10*	
Cuaderno de prácticas	*10*	
Examen	*10*	
Pruebas parciales o final		**45**
Trabajos		**20**
Cuestiones y problemas complementarios	*2*	
Controles	*10*	
Discusión en grupos de trabajo	*3*	
Participación activa (Presencial o Virtual)	*5*	
CALIFICACIÓN FINAL DE LA ASIGNATURA		**100**

Los profesores de la asignatura de Fisicoquímica hacen un uso muy extenso de la herramienta del Campus Virtual. En él existe un apartado de documentación que

permite el acceso de los alumnos a la guía docente de la asignatura, así como al guión de las prácticas realizadas y al cuadernillo de prácticas, donde se le indica cómo realizar la Memoria del laboratorio. Ambos son entregados en papel en el periodo de prácticas, pero mediante el acceso al Campus Virtual, el alumno puede disponer de ellos en caso de extravío o deterioro.

La estructura de la asignatura de Fisicoquímica en el Campus Virtual es idéntica a la utilizada en las clases presenciales de teoría. De la misma forma, consta de dos bloques temáticos y cada uno de ellos abarca diferentes temas, para que pueda ser utilizada por alumnos aventajados que deseen prepararse los temas con antelación o para alumnos que no pueden asistir regularmente a clase por diferentes motivos y, así, este Campus les permite seguir la evolución de la asignatura de forma individual. Dentro de cada tema también se recopilan todos los problemas y cuestiones que resuelven en el aula, en los talleres así como las cuestiones y problemas complementarios. Asimismo, se pone a disposición de los alumnos aquel material adicional que se ha entregado en el aula, como fotocopias de algún gráfico, de algún desarrollo matemático complejo no imprescindible o, por ejemplo, alguna presentación en *Power Point*. Finalmente, y para terminar la presentación de cada tema se incluyen lo que denominamos "autoevaluaciones". Éstas son una serie de cuestiones con varias respuestas, de las cuales sólo una es verdadera. Así, el alumno debe marcar aquella que considere como cierta. El programa, al final, corrige el *test* realizado y le da una calificación. De aquellas preguntas que el alumno ha contestado erróneamente, se le muestra cuál es la respuesta correcta y la explicación necesaria para que entienda cuál ha sido el error. Con este apartado buscamos que el alumno, una vez que crea que su nivel de conocimientos es el adecuado, se introduzca en el Campus Virtual y vea por sí mismo si efectivamente ha conseguido alcanzar el nivel suficiente para poder continuar el estudio de la asignatura. El alumno dispone de tres oportunidades para responder adecuadamente a cada cuestión, después de ellas, el propio programa le indica cuál es la respuesta correcta. El profesor de la asignatura puede utilizar como una calificación más de sus alumnos, el acceso de ellos al Campus Virtual, ya que recibe un informe, previa solicitud, del número de veces que sus alumnos han utilizado el Campus y además, en el caso de que hayan accedido a las cuestiones de autoevaluación, cuál ha sido el nivel de conocimientos reflejado.

En el sexto apartado se recoge el programa teórico y práctico de la asignatura, como ya se comentó anteriormente. La parte teórica de Fisicoquímica se divide en dos grandes bloques: Termodinámica Química y Fenómenos de Transporte y las prácticas en tres: Termodinámica, Fenómenos de Superficie y Cinética Química.

Como secuencia lógica, tras el programa de la asignatura, el alumno se encuentra con el apartado de bibliografía en el que se diferencia los libros de referencia básica, la bibliografía complementaria y los recursos *Web* de utilidad

El octavo apartado recoge las normas de la actitud que debe mantener el alumno. En él se indica que las faltas de integridad académica (ausencia de citación de fuentes, plagios de trabajos o uso indebido/prohibido de información durante los exámenes) implicarán la pérdida de la evaluación continua, sin perjuicio de las acciones

sancionadoras que estén establecidas. El noveno apartado muestra el cronograma de la asignatura respecto al desarrollo de los contenidos teóricos del programa y las distintas metodologías docentes. En el caso de la asignatura de Fisicoquímica el cronograma es mensual y en el se incluyen 4 clases magistrales, 38 clases teórico participativas, 10 peticiones a los alumnos de la realización de cuestiones y problemas, 8 talleres, 7 controles sin previo aviso, tres exámenes parciales y un examen final recopilatorio.

Tabla 2. Calendario de las diferentes actividades docentes de la asignatura.

		Clases Magistrales	Seminarios	Tutorías			Pruebas	
Mes	Temas	Teóricas	Clases teóricas participativas	Cuestiones y Problemas	Discusión en grupos de trabajo	Controles	Parciales	Finales
Septiembre	1	-	7	-	1	-	-	-
Octubre	1-2	1	4	2	1	2	-	-
Noviembre	2-3	-	4	3	2	1	1	-
Diciembre	3-4	-	3	1	1	-	-	-
Enero	4	-	4	-	-	1	-	-
Febrero	4-5	1	4	2	2	1	1	-
Marzo	6-7	1	5	2	1	-	-	-
Abril	7-8	-	4	-	-	1	-	-
Mayo	8	1	3	-	-	1	1	-
Junio	-	-	-	-	-	-	-	1

El décimo y último apartado corresponde a la ficha ECTS, pieza fundamental en el proceso de convergencia europea. A esta ficha también se puede acceder a través de la página *Web* de la Universidad CEU San Pablo.

REFERENCIAS

1. S. Brown, A. Glasner, *Evaluar en la Universidad. Problemas y Enfoques,* Narcea S.A. Ediciones, Madrid (2003).
2. M. Morganroyh Gullette, *El Arte y el Oficio de la Enseñanza,* Fundación Sergio Arboleda-San Pablo, Madrid (2004).
3. F. López Noguero, *Metodología Participativa en la Enseñanza Universitaria,* Narcea S.A. Ediciones, Madrid (2005).
4. A. Benito, A. Cruz, *Nuevas Claves para la Docencia Universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior,* Narcea S.A. Ediciones, Madrid (2005).
5. M. A. Zabalza, *Competencias Docentes del Profesorado Universitario. Calidad y Desarrollo Profesional,* Narcea S.A. Ediciones, Madrid (2006).

Parte III

Metodologías Basadas en las T.I.C. (Tecnologías de la Información y la Comunicación)

SEGUIMIENTO DEL APRENDIZAJE EN ELECTROMAGNETISMO

José María Díaz de la Cruz, Ángel María Sánchez Pérez, José Luis Ocaña Moreno, Basilio Carrascal Santaolalla, María Linarejos Gámez Mejías, Berta Gámez Mejías, Carlos Molpeceres Álvarez, Miguel Morales Furió
Departamento de Física Aplicada a la Ingeniería Industrial
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
Universidad Politécnica de Madrid
José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid
jmdiaz@etsii.upm.es, amsanchez@etsii.upm.es

Se ha desarrollado un proyecto para demandar al alumno el aprendizaje ordenado de los conceptos de la asignatura de Ampliación de Física II. Para ello, el alumno debe realizar a lo largo del curso, y dentro de unos plazos previamente fijados, una colección programada de ejercicios que, corregidos, son devueltos al estudiante, por lo que tiene la ocasión de volver a estudiar lo que considere necesario para presentar de nuevo su solución a las preguntas que desee. Este sistema ofrece al alumno una auténtica "realimentación" sobre la calidad de su aprendizaje, brindándole la posibilidad de mejorarlo, en principio indefinidamente o, al menos, hasta que su autoexigencia sea rebasada por la dificultad de los ejercicios. La objetividad con la que son valorables las respuestas permite hacer que el proceso de calificación de los mismos, al igual que su alojamiento, pueda residir en un servidor de Internet.

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto ESACE (*Estímulo y Seguimiento del Aprendizaje Continuo en Electromagnetismo*) surge por iniciativa de profesores del Grupo de Innovación Educativa en Física y sus Aplicaciones Industriales (GIE-FAI) con ocasión de la primera convocatoria que, tras su reconocimiento como tal, promueve el Rectorado de la Universidad Politécnica de Madrid.

Se ha desarrollado en la asignatura de Ampliación de Física II, en la que se deseaba adoptar un sistema que estimulase la implicación continua del alumno a lo largo del curso tanto en el estudio de sus contenidos como en la comprensión de las aplicaciones de los conceptos presentados en la asignatura.

La principal motivación del proyecto fue el aprendizaje de los estudiantes, sostenido a lo largo del curso académico, en sustitución de la secular costumbre de concentrar el estudio en la época de exámenes. La consecución de este objetivo redundaría en la dinamización de las clases presenciales y en la mejora de la asimilación de los conceptos por parte del alumno, aunque el principal avance que esperábamos era la adecuación de una asignatura basada en una enseñanza clásica al nuevo marco del *Espacio Europeo de Educación Superior* (EEES).

2. METODOLOGÍA

En una asignatura de electromagnetismo se tratan entidades físicas representadas fielmente por elementos matemáticos. Una característica diferenciadora de esta asignatura es que su aprendizaje se puede seguir mediante cuestiones y problemas cuyas respuestas son objetivamente correctas o incorrectas de acuerdo con el rigor matemático exigible.

Nuestro proyecto se proponía demandar al alumno el aprendizaje ordenado de los conceptos de la asignatura realizando, a lo largo del curso y dentro de unos plazos previamente fijados, una colección programada de ejercicios, los cuales, corregidos, son devueltos al estudiante quien, a su vez, tiene la ocasión de volver a estudiar lo que considere necesario para presentar de nuevo su solución a las preguntas que desee.

Este sistema ofrece al alumno una auténtica "realimentación" sobre la calidad de su aprendizaje, brindándole la posibilidad de mejorarlo, en principio indefinidamente o, al menos, hasta que su autoexigencia sea rebasada por la dificultad de los ejercicios.

La objetividad con la que son valorables las respuestas a las preguntas de los ejercicios permite hacer que el proceso de calificación de los mismos, al igual que su alojamiento, pueda residir en un servidor de *Internet.* Por esta razón los hemos llamado "telejercicios".

3. TELEJERCICIOS

El proyecto ESACE pivota en torno a los telejercicios; éstos son el material que contiene las preguntas que el profesor le pide al alumno que resuelva y las respuestas correspondientes. No estamos seguros de la idoneidad de los ejercicios planteados y resueltos directamente en un terminal de ordenador. En su lugar, aún juzgamos mucho más eficaz la resolución "en papel", sobre una mesa y sin el apremio de la duración de una sesión informática, de un problema de entidad o de una colección exhaustiva de cuestiones sobre un tema. En algunos casos esperamos que el ejercicio desencadene una crítica reflexiva sobre los conocimientos que el alumno ya tiene o debe incorporar, que no cabe en una sesión de navegación.

Dada la posibilidad que brinda *Moodle* para desarrollar nuevos tipos de cuestiones programando su comportamiento particular en lenguaje PHP, hemos buscado las características que deberían tener los telejercicios, implementados en forma de preguntas de *Moodle*, para encajar óptimamente en este proyecto.

Desde el principio hemos considerado necesario que la preparación de telejercicios esté al alcance de todos los profesores de la asignatura, los cuales utilizan cotidianamente el sistema *Latex* para la preparación tanto de documentación científica como de problemas y exámenes. Por otra parte, este sistema, distribuido y mantenido con licencias de *software* libre, permite producir documentos en formato

PDF imprimibles y de calidad, con la posibilidad de incluir animaciones y aplicaciones *Flash.*

Por esta razón nos hemos propuesto desarrollar una extensión de las macros de *Latex*, en las que formular las características necesarias. Por lo tanto teníamos una doble labor de programación; las macros de *Latex*, y los módulos PHP necesarios para la admisión de los telejercicios como cuestiones en *Moodle*. Hemos juzgado que aunque arduo, el trabajo es fundamental para hacer un sistema práctico y flexible para alumnos y profesores.

Dentro de un documento *Latex* puede ser conveniente disponer de un conjunto de variables y sentencias como en un código escrito en un lenguaje de programación convencional. Por ejemplo, puede presentarse a un alumno una pregunta o un valor numérico de algún dato en función de su número de matrícula. Para facilitar la integración de esta programación en el entorno *Moodle*, hemos elegido el lenguaje PHP, con la única modificación de sustituir el símbolo "$" con el que comienzan los nombres de sus variables (y que es un símbolo reservado en *Latex*) por el "@". Según la extensión que hemos desarrollado, cuando en un documento Latex se inserta un entorno PHP, su código se ejecuta por un intérprete de dicho lenguaje. El entorno aparece entre las líneas \begin{php} y \end{php}.

Existen la variables predefinidas @matricula, @tol, @ktolabscuad, @weight que contienen valores numéricos y que representan, respectivamente, el número de matrícula, las tolerancia relativa y absoluta de las respuestas numéricas y el peso de la siguiente pregunta en la nota del telejercicio. Por ejemplo, si se desea elegir el radio de una circunferencia en un problema en función del número de matrícula y el resultado que se desea es su longitud, se puede escribir

```
\begin{php}
@radio=101+@matricula % 100;
@longitud=2*pi()*@radio;
\end{php}
```

Donde se determina un radio igual a 101 más el resto de dividir el número de matrícula entre 100. La longitud se calcula según el valor obtenido para el radio. Si se desea una tolerancia del 1 por 1000, se añadiría:

```
\begin{php}
@tol=0.001;
\end{php}
```

Según nuestra programación, la forma de invocar las variables @radio y @longitud en el texto es mediante la macro \rw{}. Escribiendo \rw{@radio} en el documento *Latex*, se tiene impreso el valor de dicha variable.

El tipo de preguntas más sencillo es el numérico. Se puede insertar una cuestión de este tipo mediante la expresión \newquestion{@solucion} donde @solucion es el nombre de la variable que contiene la solución de la cuestión. Por ejemplo, el texto:

```
Una circunferencia tiene un radio de \rw{@radio}
metros. Calcule su longitud también en metros. $L$=
\newquestion{@longitud} metros.
```

codifica una sencilla pregunta que presenta el radio de una circunferencia y solicita su longitud.

El aspecto de uno de los telejercicios ya operativos, a modo de ejemplo, es el de la figura 1, que no capta la animación del original.

4. PREPARACIÓN DE LOS TELEJERCICIOS

Las macros incorporadas, según lo avanzado en el epígrafe anterior, permiten redactar el telejercicio según el estándar de *Latex*, incorporando en el preámbulo la sentencia:

```
\documentclass{article}
…
\input{telexercises.tex}
\nameformoodle{nombre_del_telejercicio}
\begin{document}
...
```

donde nombre_del_telejercicio es el identificador de éste, que se define en esta instrucción. Posteriormente, se puede definir en cualquier punto del documento uno o varios entornos de cálculo, donde, en función del número de matrícula (@matricula) se calculan datos y soluciones de las cuestiones para cada alumno. Este entorno asume un lenguaje PHP, con el símbolo "$" sustituido por "@".

```
\begin{php}
@v=100 + @matricula % 100;
@t=200 - @matricula % 100;
@s=@v*@t;
\end{php}
```

Además, se han definido tres comandos:

1)`\rw{variable}`, como `\rw{@v}`,`\rw{@t}` para introducir el valor de las variables definidas en el entorno de cálculo PHP en el enunciado del telejercicio. Por ejemplo, `\rw{@matricula}` presenta el número de matrícula en el documento PDF que contiene el telejercicio.

2)`\newquestion{solucion}`, para plantear una cuestión numérica, como en:

Halle la fuerza magnetomotriz `${\cal F}$` que actúa sobre el circuito

```
${\cal F}$=\newquestion{@fmm} A/m
```

que produce:

1. Halle la fuerza magnetomotriz $\mathcal{F}$ que actúa sobre el circuito

   $\mathcal{F}$= [   ] A/m

3)`\newquestiom` para presentar varias opciones que pueden ser correctas o incorrectas. Por ejemplo, el siguiente texto en código *Latex:*

```
Si las densidades de corriente eléctrica en dos puntos
$P,P'$ simétricos respecto a un plano $xy$ son
simétricas respecto a dicho plano (es decir sus
componentes según los ejes $x$ e $y$ son iguales y
según $z$ opuestas), se dice la distribución de
corriente es simétrica respecto al plano $xy$. En este
caso, señale la o las proposiciones correctas, si hay
alguna

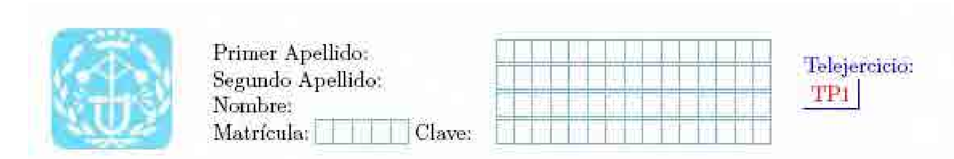
\newquestiom{0101}
\itm \, La inducción magnética en cualquier punto del
plano $xy$ es perpendicular al eje $z$.

\itm \, La inducción magnética en cualquier punto del
plano $xy$ es paralela al eje $z$.

\itm \, El potencial vector en cualquier punto del
plano es paralela al eje $z$.

\itm \, El potencial vector es simétrico respecto al
plano $xy$.
```

se visualiza como muestra la Figura 2.


Primer Apellido:
Segundo Apellido:
Nombre:
Matrícula: Clave:

Telejercicio:
TP1

Una espira cuadrada de lado a=10 cm se encuentra situada en el seno de una inducción magnética vertical uniforme y constante B=42 G y es recorrida por una intensidad I=18 A, alimentada desde una fuente exterior por los bornes azul y verde de la figura.



1. Calcule el flujo que atraviesa la espira en función del ángulo α que forma con el plano horizontal, tomando $\alpha = 0$ cuando la inducción y el momento magnético de la espira coinciden en dirección y sentido. Obtenga el valor máximo Φ_M de dicho flujo, así como el que corresponde a un ángulo $\alpha = 60°$.

   Φ_M= Wb

   $\Phi_{60°}$= Wb

2. Obtenga el módulo del momento áxico, respecto al eje de giro, del conjunto de fuerzas que el campo magnético ejerce sobre la espira, particularizándolo para $\alpha = 90°$, $\alpha = 30°$

   $N_{90°}$= Nm

   $N_{30°}$= Nm

3. Si inicialmente la espira se encuentra en la posición $\alpha = 30°$, determine el trabajo realizado por las fuerzas magnéticas cuando la espira llega a $\alpha = 0$.

   W = J

Halle el período del movimiento, utilizando la aproximación de las pequeñas oscilaciones.

T = s

5. Suponiendo las condiciones iniciales del apartado anterior, obtenga la energía cinética de espira cuando $\alpha = 15°$, así como el trabajo realizado por el campo desde el instante inicial hasta ese momento y la velocidad angular de rotación de la espira.

   E = J

   W = J

   $|\dot{\alpha}|$ = rad s^{-1}

6. Se tiene ahora una nueva versión del sistema anterior en la que se invierte el sentido de la corriente en la espira cada vez que ésta pasa por la posición horizontal $\alpha_n = n\pi$, como muestra la siguiente figura



de manera que en lugar de originar oscilaciones en torno a una posición de equilibrio, se disponga de un motor elemental que impulse el giro en una dirección, suministrando un par motor congruente con la misma, excepto en puntos aislados en los que se anula. Nótese el paso de un conjunto de fuerzas recuperadoras hacia una posición de equilibrio, propio de

Figura 1. Página ejemplo de un telejercicio.

1. Si las densidades de corriente eléctrica en dos puntos P, P' simétricos respecto a un plano xy son simétricas respecto a dicho plano (es decir sus componentes según los ejes x e y son iguales y según z opuestas), se dice la distribución de corriente es simétrica respecto al plano xy. En este caso, señale la o las proposiciones correctas, si hay alguna

☐ La inducción magnética en cualquier punto del plano xy es perpendicular al eje z.

☐ La inducción magnética en cualquier punto del plano xy es paralela al eje z.

☐ El potencial vector en cualquier punto del plano es paralela al eje z.

☐ El potencial vector es simétrico respecto al plano xy.

Figura 2. Cuestión de respuesta múltiple.

5. ESTADO ACTUAL DEL TRABAJO

En la actualidad, el grupo de profesores implicados en el proyecto seguimos desarrollando telejercicios según la técnica anterior. La etapa de programación está superada. Hoy están operativos 10 cuestionarios del tipo "telejercicio", a los que se puede acceder desde nuestro entorno *Moodle* (http://ambra.faii.etsii.upm.es) con el nombre de usuario: "`jornadas`" y la clave: "`innovacion-educativa`" (sin acentos).

Algunos cuestionarios tienen animaciones y simulaciones, que ayudan eficazmente en el proceso de aprendizaje. La asignatura ha sido seguida por unos 400 alumnos, sin que hayan existido incidencias dignas de reseñar.

6. CONCLUSIONES

Hemos constatado que el alumno, en general, está dispuesto a aceptar el modelo de tareas semanales con corrección objetiva e inmediata como forma de preparación de la asignatura, en sustitución de la tradicional preparación individual y sin evaluaciones continuas. La ponderación en la nota final de este trabajo continuo parece ser un componente fundamental, si no necesario, para la implicación activa de estudiante en estas tareas. Sin embargo, el sistema está amenazado por la posibilidad

de fraude en la autoría real de los telejercicios, lo que obliga a tomar medidas adicionales para atajar y combatir la picaresca que puede aparecer.

La preparación de problemas con material interactivo (solución gráfica de ecuaciones, por ejemplo) que exige la intervención del estudiante impide la “copia” de soluciones de un estudiante a otro. Además, la variación de los datos de los ejercicios de un estudiante a otro también entorpece el fraude. Finalmente, la posibilidad de realizar “controles” sobre los ejercicios ya entregados, con la única finalidad de detectar discrepancias entre la resolución remota y la posterior presencial de exactamente el mismo ejercicio, desaconseja firmemente las prácticas fraudulentas previamente apuntadas.

Por otro lado, existe un riesgo real de sobredimensionar la carga de trabajo del estudiante, especialmente si no se considera la del resto de asignaturas de un curso académico. En el desarrollo de nuestro proyecto hemos tenido que aligerar en varias ocasiones el trabajo que teníamos previsto, al darnos cuenta de la sobrecarga que podría producir en el alumno.

También hemos detectado un importante aumento de la dedicación requerida del profesor. Esta dedicación adicional que, en el marco actual, es muy poco valorada, puede poner en peligro la generalización de experiencias de este tipo.

AGRADECIMIENTO

El proyecto ESACE se ha desarrollado bajo el patrocinio de la Universidad Politécnica de Madrid, y deseamos dejar constancia de nuestro agradecimiento a la misma y de forma especial al Vicerrectorado de Ordenación Académica y Planificación Estratégica, que nos ha proporcionado los medios y materiales necesarios.

DISEÑO DE UN CURSO UNIVERSITARIO VIRTUAL DE QUÍMICA FÍSICA MEDIANTE LA PLATAFORMA *WebCT*

Fernando Peral, Mª. Cruz Izquierdo, Mª. Ángeles de la Plaza, Mª. Dolores Troitiño
Departamento de Ciencias y Técnicas Fisicoquímicas
Universidad Nacional de Educación a Distancia, Paseo Senda del Rey, 9
28040 Madrid. fperal@ccia.uned.es

Se propone la elaboración de un curso virtual de Química Física con destino a alumnos de enseñanza universitaria a distancia, utilizando las herramientas de la plataforma informática WebCT. Se analizan algunas de las posibilidades y limitaciones de esta experiencia didáctica, lo que ofrece una oportunidad para la discusión, reflexión e intercambio de experiencias sobre la utilización del aprendizaje activo en relación con la aplicación de nuevas tecnologías para la enseñanza virtual.

1. INTRODUCCIÓN

El concepto actual del aprendizaje activo sugiere que se siga el flujo natural del proceso de aprendizaje en cada persona en lugar de que el educador imponga una secuencia de enseñanza. Por tanto, el docente no es sólo un instructor de contenidos, sino sobre todo un orientador de los procesos de enseñanza - aprendizaje en el alumno. Este es el problema clave en la educación universitaria a distancia, con unos alumnos adultos que tienen una actividad laboral de muchas horas y que deben realizar sus estudios o perfeccionamiento de modo independiente según su propio ritmo de trabajo. Para reforzar estos fines, la U.N.E.D. desarrolla actualmente un Plan de virtualización de las enseñanzas, con la utilización de elementos informáticos de forma masiva, iniciado durante el curso 2000/01 en nuevas titulaciones (1). Desde el curso 2006/07 abarca todas las asignaturas obligatorias de los planes de estudio impartidos, con posibilidad de virtualizar también de modo voluntario las asignaturas optativas y cursos de formación permanente. Por ello, la U.N.E.D. es en estos momentos la Universidad española que tiene la oferta más amplia en cursos virtuales, tanto en enseñanzas regladas como no regladas.

Este extenso Plan de virtualización ha adoptado la plataforma informática *WebCT* ("*Web Course Tool*"). Por ahora se utiliza la versión 4.1 (año 2003), aunque hay otras posteriores. Para el futuro no se ha decidido aún si seguir con la versión más actualizada ("*Blackboard*") o adoptar una plataforma propia, construida dentro de la U.N.E.D., con un planteamiento similar.

El tema de la comunicación que presentamos es la elaboración de nuevos cursos virtuales de Química Física dentro de este Plan de virtualización. Estos cursos son más reglados y formalizados que otras páginas *Web* previas, elaboradas de forma libre y voluntaria por los docentes desde hace algunos años.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLATAFORMA *WebCT*

Como es bien conocido, la plataforma *WebCT* fue desarrollada en la Universidad canadiense de British Columbia por el informático Murray W. Goldberg a partir de 1995. La primera versión se presentó en París en 1996 y el producto que se comercializó posteriormente llegó a servir a 10 millones de estudiantes en 80 países. En 2006 fue adquirido por la empresa *Blackboard*, la cual iría utilizando su propia marca de forma progresiva (2).

La estructura interna de *WebCT* integra diversos módulos de contenidos, comunicación, evaluación, estudio, etc. y como mayor interés presenta la posibilidad de incluir materiales interactivos y audiovisuales de todo tipo, y especialmente herramientas de comunicación tales como correo electrónico, foros de discusión más o menos abiertos, y charlas en tiempo real.

WebCT se utiliza en muchas Universidades españolas y de todo el mundo. En *Internet* se encuentran disponibles diferentes manuales, tanto oficiales de la firma (3,4) como adaptados por los diferentes centros docentes en que se ha implantado (5,6).

Se le han planteado diversas críticas, tanto con criterios técnicos como didácticos. Pero en conjunto, *WebCT* se caracteriza por ser la primera plataforma de enseñanza virtual que tuvo éxito comercial y una difusión a escala mundial.

3. POSIBILIDADES Y LIMITACIONES DE WebCT PARA EL APRENDIZAJE ACTIVO DE LA QUÍMICA FÍSICA

Algunos requisitos básicos en el aprendizaje de la Química Física son la comprensión de gran cantidad de conceptos, resolución de problemas tanto algebraicos como numéricos, realización práctica de experiencias de laboratorio, etc. Los objetivos prioritarios del desarrollo de la creatividad y del sentido crítico requieren un uso extenso del aprendizaje activo. Además, la educación a distancia plantea otro problema esencial que es la comunicación entre alumnos y docentes. En la U.N.E.D. se utilizan materiales didácticos impresos (manuales, guías didácticas, pruebas de evaluación a distancia,…), audiovisuales (radio, televisión), informáticos (*Webs*, correo electrónico) y en general, todos aquellos recursos que las nuevas tecnologías de la comunicación puedan aportar.

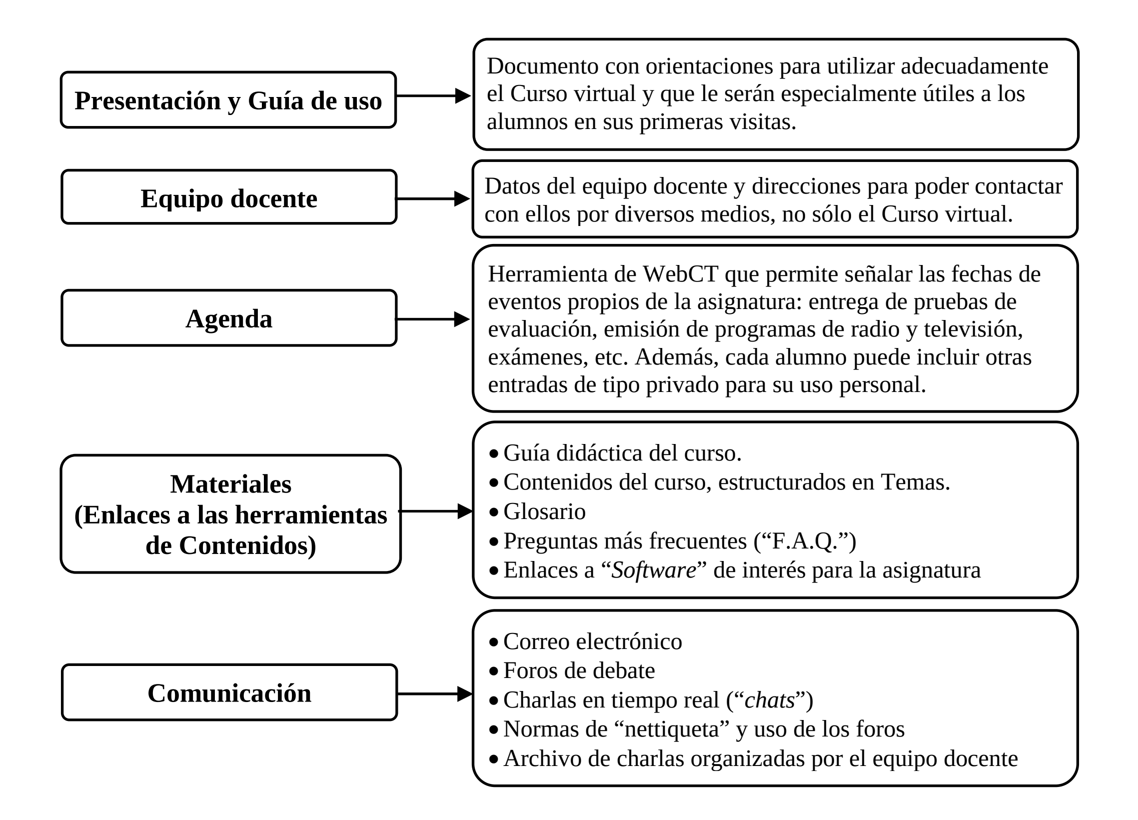
En concreto, las posibilidades de *WebCT* son, en primer lugar, las generales de las *Webs*, especialmente la inclusión de materiales interactivos y audiovisuales que no son posibles con medios impresos. Otra posibilidad específica de esta plataforma, que integra unas herramientas de comunicación bastante potentes, es la herramienta de auto-evaluación, que incluye ejercicios cuyas respuestas se pueden comprobar de modo inmediato. Todo ello puede servir de un valioso complemento a los materiales didácticos usuales (7).

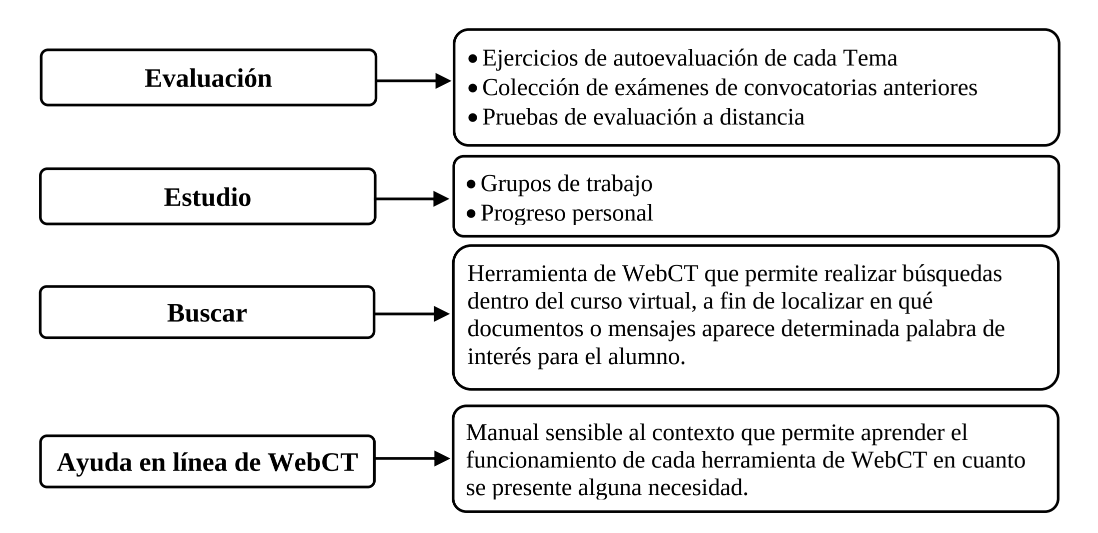
En cuanto a sus limitaciones, a primera vista son las mismas que las de las *Webs.* Desde un punto de vista técnico, en *WebCT* se echan en falta ciertas funciones esenciales del navegador de *Internet* (avanzar y retroceder, imprimir, etc.), que se realizan dentro de la propia plataforma pero de modo poco flexible. Desde el punto de vista didáctico que nos ocupa, es obvio que no se pueden aportar explicaciones presenciales ni tampoco muy detalladas, ni siquiera mediante las herramientas de comunicación en tiempo real. Tampoco son posibles prácticas de laboratorio, que deben realizarse necesariamente de modo presencial. Otro inconveniente importante para la enseñanza a distancia es que no ofrece ayudas para los alumnos discapacitados. En conjunto, es una ayuda más al trabajo activo del alumno, pero no la solución definitiva. El reto está en obtener el mejor rendimiento posible de esta herramienta que está a nuestra disposición.

4. PROPUESTA DE UN CURSO VIRTUAL DE QUÍMICA FÍSICA

El diseño y organización del curso virtual propuesto, con los servicios prestados por los docentes mediante cada una de las secciones que lo componen, se resume en la siguiente tabla.

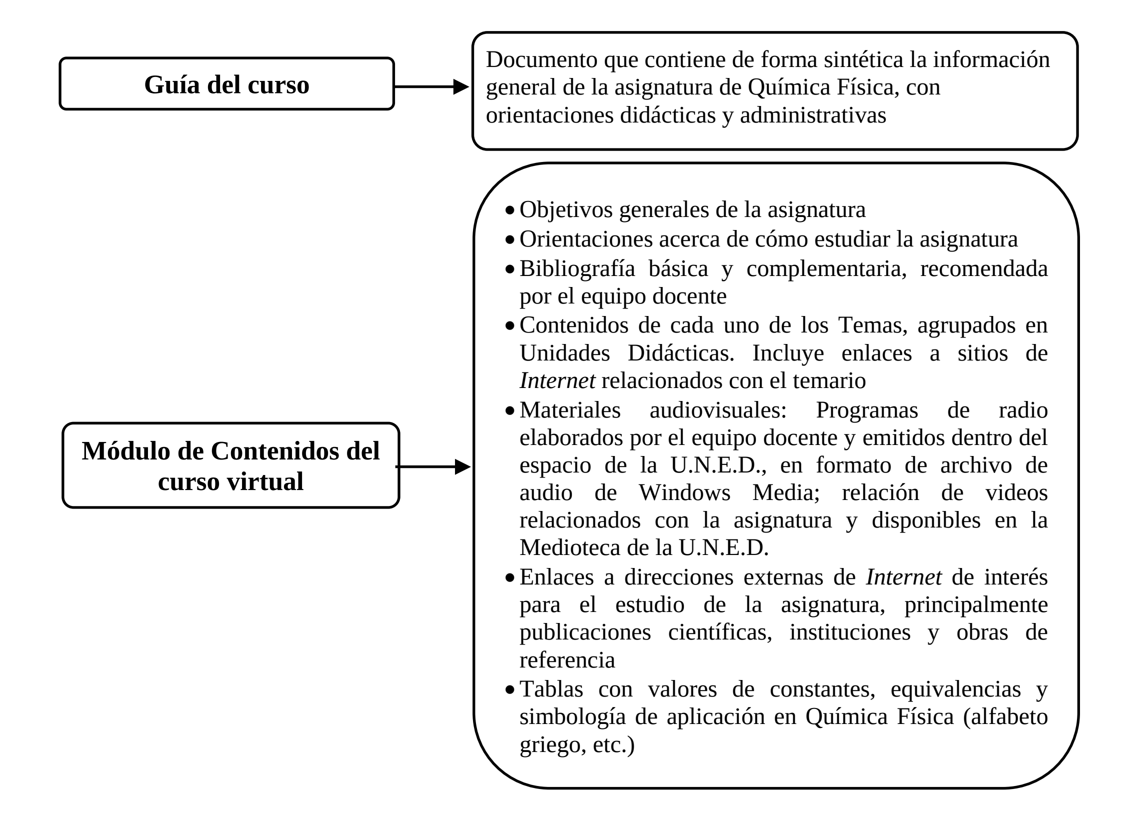
Tabla 1. Diseño del curso virtual.

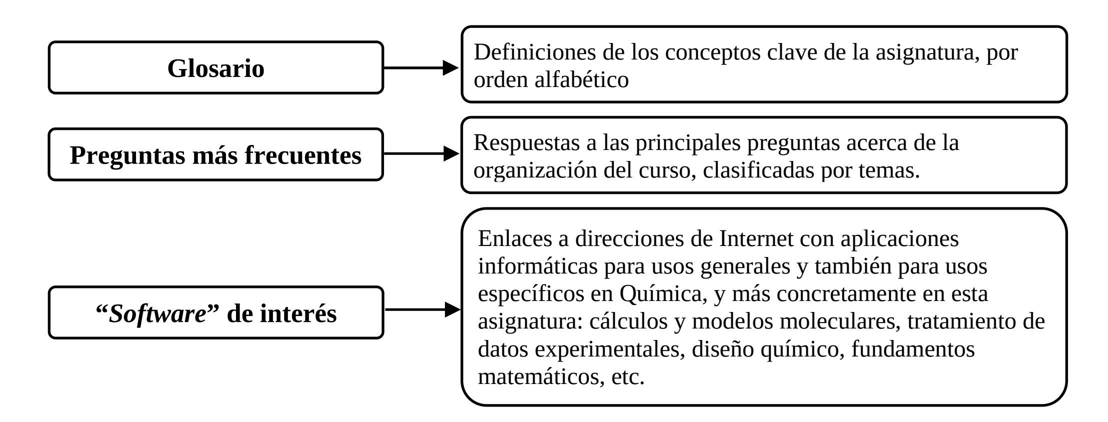




Las herramientas de Contenidos incluyen la mayor parte del material preparado por los profesores de modo específico para el curso virtual. Este material se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. Herramientas de contenidos.





¿Cómo introducir un principio de organización en los contenidos? Dada la complejidad conceptual de la Química Física, es sugestivo utilizar el Glosario como órgano de distribución entre objetivos y contenidos, mediante el uso de enlaces internos interactivos. Los alumnos pueden empezar su labor de estudio revisando los objetivos específicos de cada tema. Los conceptos clave les conducen a sus correspondientes definiciones en el Glosario. A su vez, éstas les remiten a los contenidos que incluyen estos términos en los diferentes Temas. Con ello también se favorecerá el repaso previo a los exámenes. Por otra parte, los contenidos pueden incluir enlaces internos a pruebas de evaluación, así como enlaces externos que lleven hacia otras direcciones de *Internet*. Las posibilidades de este esquema de aprendizaje interactivo son ilimitadas y además siempre actualizable.

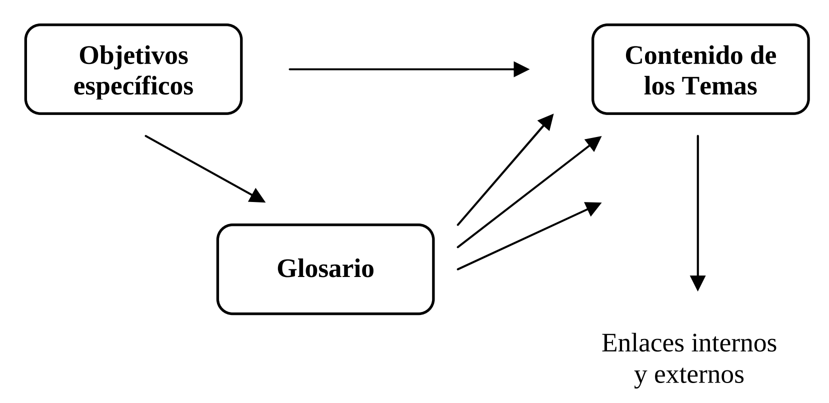
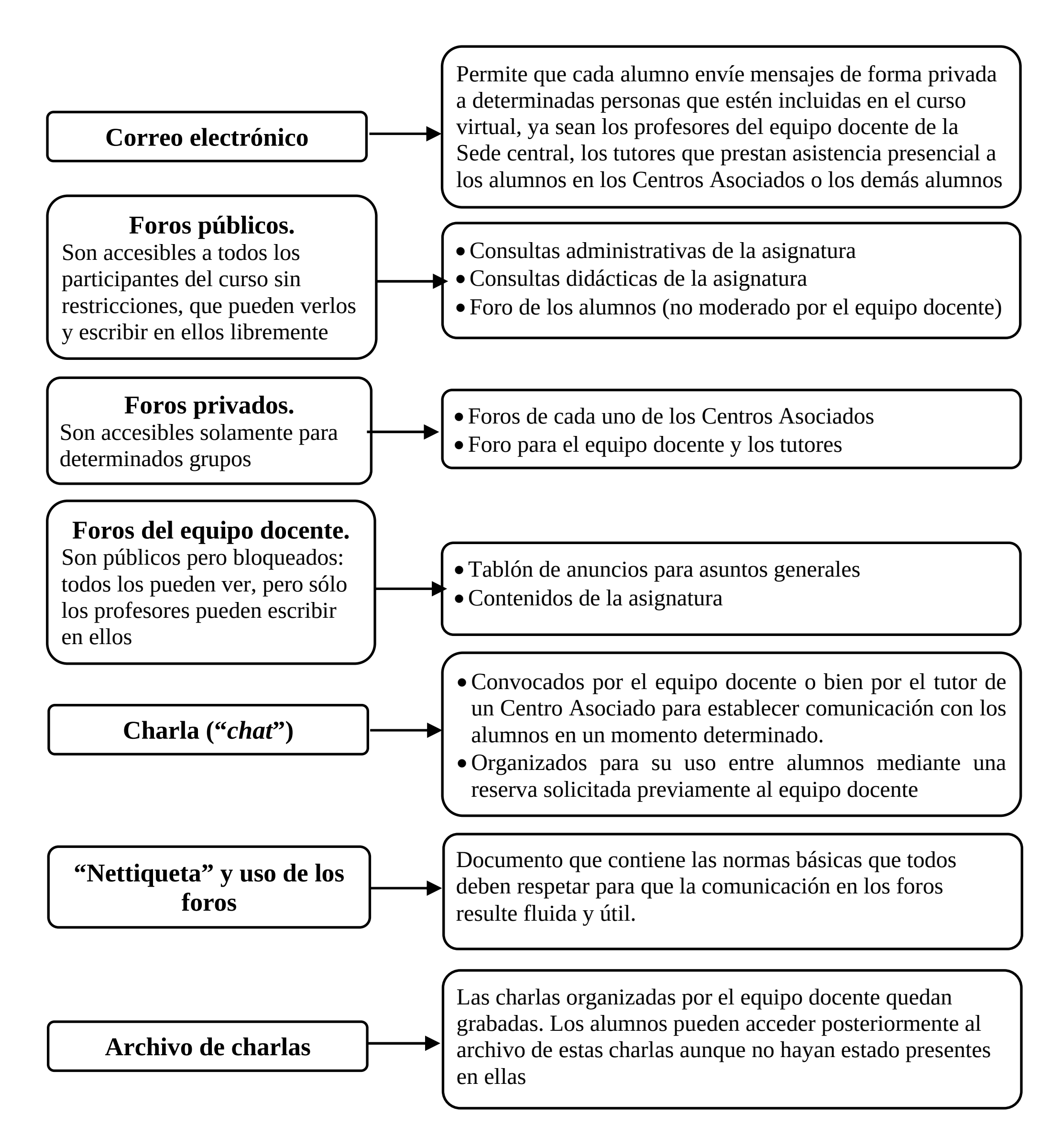


Figura 1. Esquema del aprendizaje interactivo propuesto.

En la Tabla 3 se detallan las herramientas de Comunicación que permiten contactar a los alumnos y sus profesores, y tienen importancia estratégica dentro de *WebCT*. La forma de comunicación principal para asuntos de interés general son los foros, que pueden ser de uso público, privado dentro de un grupo, o propios del equipo docente. Estos foros son realmente carpetas de correo electrónico, que se crean con fines específicos y que son accesibles directamente a todos los usuarios autorizados.

Tabla 3. Herramientas de comunicación.



La implementación práctica de estas propuestas se ha llevado a cabo por ahora en las asignaturas de *"Química Física I"* (curso 3º) y *"Química Física II"* (curso 4º) de la Licenciatura en Ciencias Químicas de la UNED. La presentación de los objetivos, contenidos, evaluaciones, etc. de cada asignatura se han adaptado en cada caso a la estructura general de la plataforma, tal como se ha resumido en las Tablas anteriores.

5. EXPERIENCIAS OBTENIDAS

Los alumnos son incluidos automáticamente en el curso virtual a medida que formalizan su matrícula. Lo visitan de forma voluntaria y una minoría no lo utiliza nunca, ni para informarse ni para preguntar.

En general se producen numerosas visitas de las páginas de organización y de contenidos. Los alumnos suelen manifestar interés en ejercicios resueltos, tales como exámenes anteriores. No obstante, en este sentido, *WebCT* no representa una ventaja sustancial respecto de las páginas *Web* usuales que tenemos disponibles desde hace años.

En contra de las expectativas, hemos registrado poca utilización de las herramientas de comunicación integradas tales como los foros de debate, que son característicos de *WebCT*. La mayor parte de los estudiantes participan sólo mediante el seguimiento pasivo de los foros y únicamente un número muy reducido ha planteado consultas. Posiblemente se deba a la inercia de los alumnos acostumbrados a medios más tradicionales, hasta que se vayan incorporando nuevos estudiantes acostumbrados al uso de este medio desde los primeros cursos.

En nuestra experiencia no ha sido de mucha utilidad la herramienta de ejercicios de auto-comprobación, ya que está enfocada a pruebas objetivas de nivel muy simple, sin posibilidad de manejar los símbolos y ecuaciones típicos de la Química Física. Para éstos se puede recurrir a otra aplicación independiente, denominada "*Hot Potatoes*", de la firma *Half-Baked Software Inc.* (8), pero aún así preferimos las Pruebas de Evaluación a Distancia tradicionales, preparadas por nosotros, que pueden resolverse por escrito con calma, de modo personalizado y al ritmo propio del aprendizaje activo de cada alumno. Estas Pruebas sirven de orientación para los exámenes, que se realizan de modo presencial en los Centros Asociados utilizando unos formularios similares, unificados para todos los alumnos.

6. ALGUNAS CONCLUSIONES

Según nuestro criterio, las ventajas principales de *WebCT* son las generales de las páginas *Web* de realización libre. Entre ellas, la posibilidad de incluir materiales interactivos o audiovisuales, y la actualización continua de los contenidos que supera la inercia de la edición de los materiales impresos.

Con respecto a las *Webs* presenta una organización reglada, que aporta uniformidad en todas las asignaturas del plan de estudios. Los alumnos saben ya dónde buscar las cosas y los docentes no tienen que inventarse un diseño propio, sino aprovechar el marco que se les ofrece. Para ello y hasta cierto punto, no se requiere experiencia en el diseño de páginas *Web*, aunque el desarrollo de todas las posibilidades presenta ya bastantes exigencias y hay que emplear mucho esfuerzo para lograr unos resultados limitados. Una ventaja cierta es la posibilidad de comunicación en tiempo real de alumnos con profesores, así como entre ellos mismos, mediante herramientas integradas en la plataforma.

Consideramos que los mayores inconvenientes derivan de su rigidez de construcción y de uso (no nos parece sencilla ni rápida), que exige una mínima formación técnica en los usuarios, por no entrar en los aspectos burocráticos de la tramitación y actualización de la licencia. Igual que en las *Webs*, no se pueden sustituir elementos didácticos esenciales tales como explicaciones presenciales, textos extensos, ejercicios resueltos por cada alumno de forma personalizada, o prácticas de laboratorio. Por otra parte, es sencillo incluir documentos, pero si se pretende que resulten vistosos y operativos conviene prepararlos en formato *html*, lo que exige cierta experiencia. Con todo, el problema clave es qué pueden hacer los alumnos que no tienen una conexión propia a *Internet*. ¿Será ésta una condición indispensable para acceder en el futuro a la educación…?.

Como conclusión general, el uso de una herramienta informática de enseñanza virtual tal como *WebCT* presenta interesantes posibilidades, cuyo valor concreto dependerá del uso que se le sepa dar, pero el curso no se puede desarrollar exclusivamente mediante este medio debido a sus limitaciones intrínsecas para profundizar en el aprendizaje, y a las restricciones de los alumnos en general para el acceso a *Internet*.

AGRADECIMIENTO

Uno de nosotros (F.P.) agradece a la Profesora Dña. Carmen Sánchez Renamayor, del Departamento de Ciencias y Técnicas Fisicoquímicas de la U.N.E.D., su valiosa colaboración para la realización del curso virtual de "Química Física I" en la plataforma *WebCT*.

REFERENCIAS

1. L. García Aretio, *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, **2001**, Vol. 14.
2. Enlace a la página oficial de la firma "*Blackboard - WebCT*" en: http://www.webct.com/
3. *Getting started guide, Campus Edition 4.*1, *WebCT* (2003).
4. *Designer and instructor reference, Campus Edition* 6.0, WebCT (2005).
5. *Guía para el alumno de los cursos virtuales*, U.N.E.D (2005).
6. *Guía de uso de la aplicación Gestuva para el profesor y el tutor*, U.N.E.D (2005).
7. R. Cole, *J. Chem. Educ.*, **2000**, Vol. 77, 824.
8. Enlace a la página de "*Hot Potatoes*" en: http://hotpot.uvic.ca/

A MODEL TO PROVIDE FIRST AND SECOND-YEAR STUDENTS WITH CHEMISTRY RESEARCH EXPERIENCE THROUGH THE CENTER FOR AUTHENTIC SCIENCE PRACTICE IN EDUCATION (*CASPiE*)[3]

Gabriela C. Weaver [a], Donald J. Wink [b], Anne K. Bentley [a], Cianán Russell [a], Pratibha Varma-Nelson [c], Fred Lytle [a]

[a] Purdue University, West Lafayette, IN 47907-2084, USA, gweaver@purdue.edu

[b] University of Illinois at Chicago, Chicago, IL 60607, USA

[c] Northeastern Illinois University, Chicago, IL 60625, USA

Research experiences can often be inspiring and life-changing for young college students. It is possible that research experiences are pivotal in making decisions about college majors and careers. We are implementing research as part of the regular curriculum for first- and second-year students in chemistry as part of the Center for Authentic Science Practice in Education (CASPiE) project. The center utilizes authentic research projects, a remote-access network of chemical instruments, and the peer-led team learning (PLTL) model. Our early evaluation results indicate that students are finding this to be a rewarding experience.

1. INTRODUCTION

Numerous studies have explored the benefits of providing research experiences to undergraduates, including possible increases in retention and graduation rates in science and engineering disciplines and impacts on future career choices (1-5). The research also indicates that students develop a deeper understanding of the field they are working in, show increased confidence in their ability to do and understand science, gain skills in interpreting results, and learn about the construction of scientific knowledge and the use of evidence to support assertions.

The prevalent model of graduate education in the sciences involves the cognitive apprenticeship model (6). In this model, students are immersed in the research culture, participating in the tasks and learning the habits of mind used by people working in that environment. The process is one that requires time and allows participants to be fully engaged in the problem solving processes. Providing such an "authentic" experience to undergraduate students has generally been reserved for those situations in which undergraduates can join a research group, often during summers. The National Science Foundation in particular has a long-standing Research Experiences for Undergraduates (REU) program that provides funding to establish and support such opportunities. While this program has been very successful, it is also the case that the majority of students who participate are in their 3rd or 4th years of college (7).

---

[3] Se ha mantenido este trabajo en inglés, por entender que es fácilmente comprensible para el lector en español con conocimientos del tema.

However, the National Science Board *Science and Engineering Indicators* (8) provide evidence that the largest fraction of students dropping out of the physical sciences is between the first and second years. These programs, then, generally fail to reach the large numbers of students that are leaving the sciences early on and who could potentially be successful in those disciplines if provided with appropriate opportunities.

2. A MODEL FOR UNDERGRADUATE RESEARCH

We have developed and implemented a model whereby research that is traditionally carried out as part of an experimental research program can be adapted to provide undergraduate students with research experiences as part of their mainstream laboratory courses. This model is a product of the *Center for Authentic Science Practice in Education* (CASPiE) funded by the NSF Undergraduate Research Collaboratives initiative which originated in the Chemistry Division (9,10). CASPiE is an inter-institutional effort among the Departments of Chemistry at Purdue University, and ten other tertiary institutions.

The overall goal of CASPiE is to provide 1st and 2nd year undergraduates with the opportunity to conduct research within their regular lab curriculum. CASPiE's unique approach to this uses mainstream courses instead of making research an extracurricular activity for students. While there have been many programmatic and individual efforts to include inquiry-based experiences in chemistry courses, this program makes the laboratory experience one where research is carried out by the students. These laboratory experiments are a component of a larger research project of a scientist who serves as author of the "research module" for the course. The data that the students collect are intended to be used as part of that researcher's work and could, in principle, contribute to publishable work. To date, CASPiE has worked with 8 different research scientists to develop experiments appropriate for undergraduate laboratory courses. The resulting experiments have been implemented in 11 different institutions over the last 3 years, having an impact on approximately 1100 students.

There are three main aspects of the CASPiE effort.

- Development of research activities ("modules") by research scientists for 1st and 2nd year chemistry laboratory courses.
- Implementation of the Peer-Led Team Learning (PLTL) model as part of the CASPiE laboratory experience.
- Assembly of a network of research-quality scientific instruments that are remotely accessible over the *Internet* by students for sample analysis.

3. MODULE DEVELOPMENT, TESTING, AND IMPLEMENTATION

CASPiE modules are multidisciplinary and give students from many different majors an understanding of the relations that exist between the disciplines. The modules are designed to be used at any or all of the consortium schools, especially

those where students may not normally have access to research experiences. The scientists who develop research modules for CASPiE are not generally involved in teaching any of the CASPiE courses and in some cases are not in chemistry departments. These module authors have decided to participate because their work could be appealing to 1st or 2nd year students and because they have an interest in developing educational materials. In order to develop a module, researchers work on CASPiE as their teaching assignment for a semester. During that time, they develop a module that must meet several criteria:

- The module can be carried out in a standard 1st or 2nd year laboratory course over a period of 6-8 weeks. This means that modules must be designed to work in 3 hour blocks of in-lab time each week and a typical amount of time outside of lab in preparation for the course. This requirement ensures that the module can be easily adopted and integrated into existing courses without needing to modify course schedules, credit-hour requirements, or teaching loads.
- The experimental work must involve the student in an *authentic manner* in the research of the module author. Students must, at some point, carry out an experiment or collect data that can contribute to the module author's current, real research.
- The module provides students with the opportunity to independently design experiments. This is a key requirement in order for students to actually learn how research is planned and conducted, rather than just following detailed instructions for research-related activities. The results of these experiments are not known beforehand, by anyone, precisely because they are genuine research.
- The content of the module research should be clearly connected to topics or concepts that are a normal part of the curriculum for that semester in the course. This ensures that the students can see a concrete application of the theories they are learning in their lecture class, which is the primary reason for teaching labs at many institutions. However, the primary instructional goal of the CASPiE approach is to help students develop an understanding of the processes and nature of science, rather than to teach specific content ideas.

4. PEER-LED TEAM LEARNING FOR THE LABORATORY

Peer-led team learning (PLTL) is an instructional approach that was developed in the 1990's as a multi-institutional NSF Systemic Change grant (11). The method has been widely used at institutions of all types across the nation. However, the materials that currently exist for PLTL target students' mastery of concepts typically covered in the lecture portion of the General Chemistry and Organic Chemistry courses. The CASPiE program has adapted PLTL to fulfill a different purpose: provide students with peer guidance through the process of research.

Because CASPiE seeks to provide students with a research *experience* without actually placing students into a research lab, PLTL's peer leader interactions give students a sense of the collaborative nature that is found in traditional science research groups. PLTL workshops also provide a venue to introduce students to many topics

that they need to understand as they carry out research. Teams at University of Illinois at Chicago, Northeastern Illinois University, and Purdue have collaboratively developed and tested PLTL workshop activities for the CASPiE laboratories. The topics include things such as the use of the laboratory notebook in research and lab notebook techniques, evaluation and interpretation of data, experimental design, fundamental ideas about research, reading a scientific paper, searching the scientific literature, scientific misconduct and ethics, preparing an abstract or presentation, preparing a poster, and peer review.

PLTL workshop sessions are facilitated by a student leader, an undergraduate who has recently been through the CASPiE program, serving to guide group discussions. Students typically work in teams of 3 or 4 in the laboratory itself, and generally 2 teams meet at the same time with a peer leader, creating a group large enough to stimulate dynamic dialog during the workshops. The peer groups meet once per week. The location and timing of this meeting varies depending on the particular schedule restrictions of the institution and the students involved.

Each PLTL workshop begins with questions by the peer leader that encourage students to reflect on their activities in lab that week and to consider their plans for the next week. This period of reflective discussion helps the students to understand the logical progression of the experimental steps in the module, since they are connected from week to week. Peer leaders can help the students assess progress relative to their stated goals for the following lab period. The remainder of the one-hour meeting is spent on the prepared activities covering the particular topic for that week.

5. INSTRUMENTATION NETWORK

In order for students to collect research-quality data, CASPiE has established a suite of instruments that is accessible to CASPiE participants remotely via the *Internet*. At the present time, the instrumentation network includes a FTIR/Raman spectrometer, a high-performance liquid chromatograph (HPLC), a gas chromatograph (GC) with flame-ionization detection, and a GC/mass spectrometer. The instrumentation network will allow all students involved in CASPiE labs to collect data using state-of-the-art scientific instruments on a 24-7 schedule, thus facilitating the use of each instrument by large numbers of students from many institutions. Students send their samples to the instrument location, and the samples are loaded into autosampler trays for them by an instrument supervisor. Students then log into the system to carry out analysis of their own sample.

The schematic of the network process in Figure 1 demonstrates the control servers and student access to those machines. Students can connect to the instrument through a server and carry out their data collection. They will then log out of that server, allowing someone else to access it for data collection. Their collected data will be stored in a different location. Subsequently, the students can log onto a set of servers that allow them to process and analyze their data. While the instruments themselves can only handle one user at a time (due to the physical requirements of the

instrument), the data post-processing server farm can handle multiple users simultaneously and we expect to be able to serve several hundred students per week.

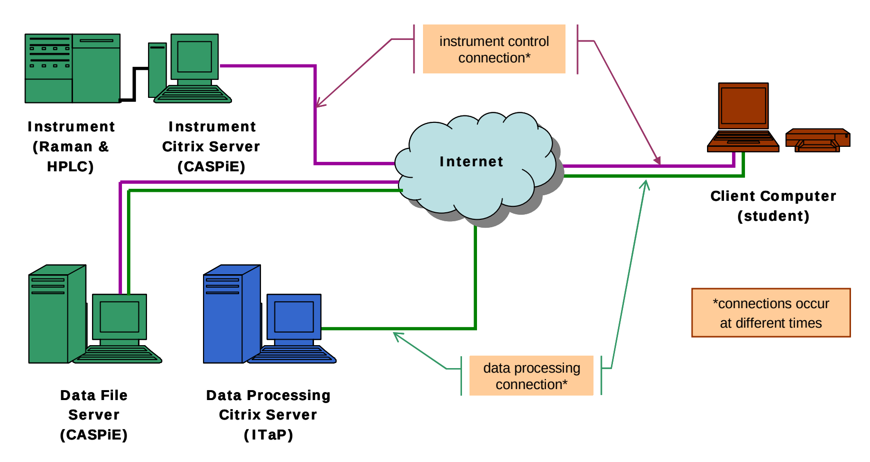


Figure 1. Schematic of instrumentation network.

Citrix Metaframe Presentation Server was selected as the preferred software for providing web access to the instrumentation, data processing software, and the research database. This approach allows remote control without giving students access to the "computer desktop" as would happen with terminal services software such as Microsoft's *Remote Desktop*. Access to the Metaframe Server itself is controlled by a user authentication program utilizing Microsoft's *Active Directory*. Scheduling is currently done manually using Active Directory Group Policies. A web-based interface is being written that will automate the process and permit individual instructors to schedule blocks of time for remote sessions. The network has been planned with the intention of including instruments that are in a variety of locations, though their physical location will be inconsequential to a user logging into the system other than for the purpose of shipping their samples to that location.

The instrumentation software itself has several customized versions tailored to student abilities and needs. For example, the software used to control the Raman instrument and process the spectral data was customized to create multiple user interfaces for varying levels of student expertise. In Figure 2a, the full version of the interface is presented for a user having “administrator” access privileges, allowing that person to control settings on the instrument light source and detector as well as many other parameters. In Figure 2b, a modified version of the interface is made available to students having “level 1” access. Most of the menu options have been removed, with only a few icons remaining along the side that allow for actions to initiate and terminate a scan, or work with the data itself.

The instrumentation network has already been successfully used by several groups of CASPiE classes. The network hardware and software will continue to be

developed as the CASPiE collaborative continues to grow and new needs for instrumentation or computer resources become evident

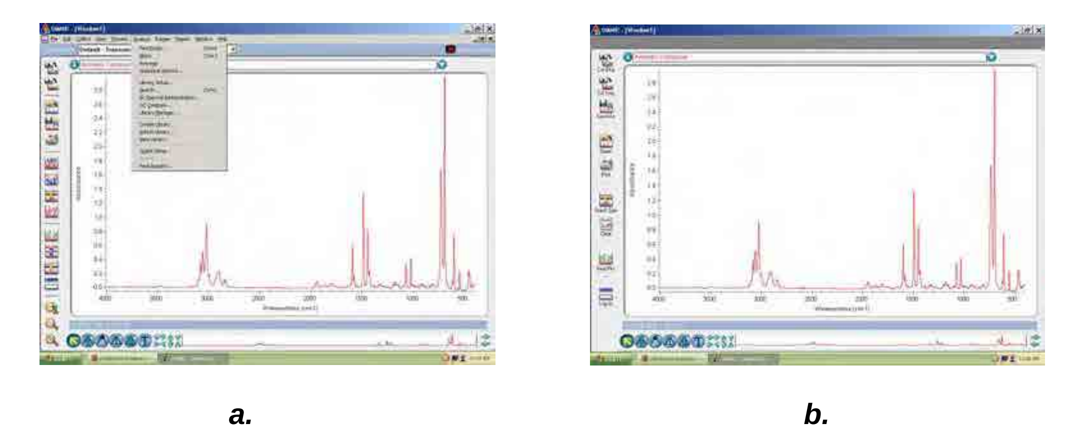


Figure 2. Customizable interface for Raman software: a. Version for administrator. b. Version for inexperienced student with most menu options removed.

6. PRELIMINARY FINDINGS

We have begun carrying out evaluation of the CASPiE program in a variety of ways, using both qualitative and quantitative data. A CASPiE evaluation "tool kit" is now being completed, which comprises a set of instruments for CASPiE evalution and facilitates the data collection process across varied institutions. The evaluation team is utilizing Rasch psychometric techniques to help ensure that attitudinal instruments can be linked over time. For over a year we have surveyed and interviewed students who have been involved in all of the piloting phases of the CASPiE modules. We now have eleven institutions using the CASPiE modules. Students, instructors, peer leaders and TA's in those institutions are participating in our evaluation data collection.

In the spring of 2006, data from 398 students, approximately evenly divided between CASPiE participants and students in equivalent but traditional laboratory experiences, were analyzed for differences between the two groups. Statistical analysis showed that participants ranked the following statements significantly higher than non-participants, with a higher score indicating stronger agreement. (Double slashes in the statements below indicate that these were words used in separate questions, with all other words remaining the same.)

- I have a better understanding of the process of scientific research as a result of the laboratory experiences in this chemistry course.
- The lab experiences in this chemistry course made me realize I could do science research in a real science laboratory (at a college, or a pharmaceutical company).
- Even if I don't end up working in a science related job, the laboratory experience in this chemistry course will still benefit me.

- The lab experiments in this chemistry course presented real science to students, similar to what scientists do in real research labs.
- I believe I could accurately explain a chemistry experiment from this course (including the significance of the results) to other students//my instructors
- The lab experience in this chemistry course has made me more interested in science // a science career // earning a Masters degree in a science field.
- Finding answers to real research questions motivated me to do well in this lab.
- The concepts covered in this laboratory course are relevant to the real world.

It is telling that the non-participants gave a statistically higher level of agreement to the statement "In this laboratory course, I can be successful by simply following the procedures in the lab manual." Traditional labs often follow a very recipe-based approach, in which students can get by with minimal independent thought as long as they follow the steps carefully. The CASPiE experiments specifically challenge the students to engage in scientific reasoning and experimental design.

In interviews, students were asked both what they did and did not like about the module research that they carried out as part of CASPiE. Students had a wide range of comments about the things they liked the most, often describing things such as "pride in group accomplishments" and "working as a group" among them. The students also stated that they enjoyed the freedom they had in the lab, the opportunity to see how research is carried out, and the ability to return to certain experiments and complete them on a subsequent lab period rather than rushing to finish everything in a predetermined block of time. Some student quotes about the program:

"The labs that we did during normal classes were um a lot more cut and dry like you kind of knew what was going to happen and everything was written out before you like in steps rather than in paragraphs."

"The lab classes I've taken before were usually pretty cut and dry and the experiments were done first 150 years ago. And uh just to gain practice at lab techniques, but uh not a whole lot of thinking things through or doing anything new because you kind of already know the answer – it's just to confirm it."

"I like this a little bit better because it seems more like student-oriented. Like when you have a lab book, I mean, step 1, step 2, step 3. And here it's kind of the same thing, but we have to build as we go. And learn as we go."

"In lab (classes) you usually didn't care what you did as long as you got the grade. I was finding myself here hoping that we would get good results. I felt more like I was working on the science itself as opposed to working on a grade."

Students seemed to particularly appreciate that fact they were participating in work that had a purpose beyond providing them with an educational experience, as demonstrated by some quotes:

"It's not just keeping us busy to learn stuff but it's actually something of value."

"It seems more like futuristic kind of research because we're actually putting a form of DNA on a CD and using that CD to read it to like identify parts of it."

"And that's been in the news a lot (antioxidants in tea) about how it's so good for your health, and then we did this study and we found out that well one brand doesn't have any antioxidants."

We are continuing to collect data on the program. Now that several schools are using CASPiE with all of the students in their classes, rather than with separate volunteer groups, the data will help us determine if the CASPiE labs are meeting our goals of teaching students the process of science and getting students interested in science.

REFERENCES

1. S. Gregerman, *CUR Quarterly*, **1999**, Vol. 20, 54.
2. D. Lopatto, *Cell Biol. Educ.*, 2004, Vol. 3, 270.
3. B.A. Nagda, S. R. Gregerman, J. Jonides, W. von Hippel, J. S. Lerner, *Rev. Higher Educ.*, **1998**, Vol. 22, 55.
4. E. Seymour, A. B. Hunter, S. L. Laursen, T. Deanton, *Sci. Educ.*, **2004**, Vol. 88, 493.
5. T. Wenzel, et al., "Enhancing Research in the Chemical Sciences at Predominantly Undergraduate Institutions": http://abacus.bates.edu/acad/depts/chemistry/twenzel/finalsummitreport.pdf).
6. J. S. Brown, A. Collins, P. Duguid, *Educ. Res.*, **1989**, Vol. 18, 32.
7. T. W. Rettig *et al*., *Journal of College Science Teaching*, **1990**, Vol. 19(4), 219-231.
8. *National Science Board*, *Science and Engineering Indicators:* http://www.nsf.gov/statistics/seind04/.
9. National Science Foundation, *Undergraduate Research Collaboratives (URC)*: http://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=6675&org=CHE&from=home.
10. G. C. Weaver, P. Varma-Nelson, D. Wink, R. Morris, F. Lytle, *The Chemical Educator*, **11**, 125 (2005).
11. P. Varma-Nelson, B.P. Coppola, *Team Learning*, Chapter 13, M.M. Cooper, T. Greenbowe, N. Pienta (Eds.), *The Chemists' Guide to Effective Teaching*, Prentice Hall Publishing, Upper Saddle River, NJ (2005).

ELABORANDO LABORATORIOS VIRTUALES BAJO LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN DIRIGIDA

Jordi Cuadros [a]***, Julio Pérez-Tudela*** [b]
[a] Institut Químic de Sarrià, Universidad Ramon Llull
Vía Augusta, 390. 08017 Barcelona
[b] Facultad de Física, Universidad de Barcelona, Diagonal, 647. 08028 Barcelona
jordi.cuadros@iqs.edu

A pesar de la existencia de conocimientos didácticos y posibilidades tecnológicas para la mejora de la enseñanza científica, éstos no llegan con facilidad a un sistema escolar en el que disminuyen de forma constante las vocaciones científicas. En esta comunicación se presenta un proyecto que pretende contribuir a la mejora de esta situación desarrollando actividades de Física y Química basadas en la utilización de laboratorios virtuales bajo el modelo didáctico de la investigación dirigida.

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace ya algunos años, profesorado, escuelas y Universidad ven como disminuyen las vocaciones científicas entre el alumnado. Por ejemplo, las estadísticas del *Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya* (1) indican que los alumnos de la modalidad de Ciencias de la Naturaleza y Ciencias de la Salud han pasado del 29% en el curso 1999/2000 al 26% en el 2003/04. Parte de esta disminución suele atribuirse a las dificultades de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en la enseñanza secundaria obligatoria y post-obligatoria.

Al mismo tiempo, desde la investigación en Tecnología Educativa y en Didáctica de las Ciencias se sugieren opciones para mejorar los conocimientos de los alumnos y su motivación por estas disciplinas.

En este trabajo, se propone la utilización de laboratorios virtuales mediante sistemas de aprendizaje activo para contribuir a la mejora del aprendizaje y de la motivación del alumnado por la Física y la Química.

2. APRENDIZAJE DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA MEDIANTE LA INVESTIGACIÓN DIRIGIDA

Tal y como indican Bransford y Donovan (2) en referencia a la Escuela norteamericana, la Ciencia se ha aprendido tradicionalmente estudiando de forma condensada, primero, aquello que los científicos han descubierto a lo largo de décadas, y segundo, cómo se ha llegado a este conocimiento. De acuerdo con este modelo, aprender qué es la Ciencia se reduce a conocer un conjunto de definiciones y descubrimientos del pasado, y saber cómo se hace Ciencia, aprender el “método científico” y, con suerte, realizar algún experimento siguiendo procedimientos

preestablecidos. Esta metodología no es consistente con los conocimientos actuales sobre los procesos cognitivos del aprendizaje (3).

Bransford y Donovan (2) resumen las orientaciones de estos trabajos indicando que el aprendizaje de las Ciencias debería permitir que los estudiantes consiguieran (a) una familiaridad con los conceptos, teorías y modelos de la disciplina científica, (b) una comprensión de los procesos de generación y justificación del conocimiento, y (c) la habilidad de usar estos conocimientos para abordar nuevos proyectos de indagación e investigación.

En consonancia con estas ideas, se han propuesto distintos métodos didácticos entre los que figura el aprendizaje por investigación dirigida (4-5).

El aprendizaje por investigación dirigida intenta poner al alumno en situaciones similares a las del científico. El método se concreta en un programa-guía de actividades que contempla los siguientes pasos: (a) despertar el interés de los alumnos por el problema que se desea abordar, (b) realizar un estudio cualitativo de la situación, para definir el problema e identificar las variables más relevantes, (c) emitir hipótesis sobre los factores que pueden estar condicionando el resultado del problema y como le afectan, (d) elaborar y explicitar estrategias de resolución del problema, (e) poner en marcha la estrategia explicitando y fundamentando lo que se hace, (f) analizar los resultados a partir de las hipótesis planteadas, (g) reflexionar sobre las nuevas perspectivas abiertas por la resolución realizada e idear nuevos problemas susceptibles de investigación, (h) elaborar una Memoria donde se detallen y analicen tanto el procedimiento utilizado como los resultados obtenidos. Este enfoque destaca el carácter social del proceso de resolución de problemas y fomenta la comunicación entre los alumnos entre sí y con el docente. El rol del profesor en este modelo consiste en actuar como director de la investigación facilitando la explicitación de procedimientos, actitudes y conceptos en cada momento de la actividad. El proyecto POGIL (*Process-Oriented Guided Inquiry Learning*) (6) aplica este método en clases y laboratorios de química de forma que los alumnos trabajan en grupos reducidos siguiendo unos materiales diseñados especialmente para guiar a través de preguntas hacia la formulación de sus propias conclusiones y conceptos.

Este método didáctico tiene como característica que puede apoyarse con actividades experimentales por otro lado habituales en la enseñanza de las ciencias experimentales.

De acuerdo con el informe *America’s Lab Report: Investigations in High School Science* (7), las prácticas de laboratorio tiene los siguientes objetivos: (a) mejorar los conocimientos de la disciplina, (b) desarrollar razonamiento científico, (c) comprender la complejidad y ambigüedad del trabajo empírico, (d) desarrollar destrezas prácticas, (e) entender la naturaleza de la Ciencia, (f) motivar el interés por la Ciencia y por el aprendizaje de la Ciencia, y (g) desarrollar capacidades de trabajo en equipo. Los resultados de la investigación sobre la eficacia didáctica de los laboratorios sugieren que el uso de laboratorios incluidos en unidades didácticas integradas mejora los conocimientos de la disciplina, desarrollo el conocimiento científico y aumenta el interés por la Ciencia, faltando aún datos para evaluar el resto de los objetivos.

Sin embargo, no suelen abundar en las escuelas los recursos y las posibilidades para la realización de experimentos donde los alumnos puedan diseñar sus hipótesis y procesos de resolución.

La alternativa parcial que sugiere este proyecto consiste en el desarrollo de actividades de investigación dirigida donde la experimentación pueda llevarse a cabo en entornos simulados.

3. USO DIDÁCTICO DE LAS SIMULACIONES

En un entorno informático, se entiende por simulación la reproducción de un modelo de un sistema. Estas se usan tanto para finalidades de investigación como para aplicaciones didácticas.

En su uso instructivo-formativo y siguiendo a Bravo, Ortega y Prieto (8), los entornos de modelización y simulación pueden clasificarse en (a) entornos de simulación simple, caracterizados por un objetivo fijo y una variabilidad limitada al cambio de los valores de las variables del sistema, (b) entornos de diseño de la simulación, en los que el usuario puede además de interactuar con el modelo, diseñarlo y modificarlo, (c) metaentornos de simulación, donde se añaden a las posibilidades anteriores la capacidad de modificar el caso de estudio

De Jong y Van Joolingen (9) diferencian las simulaciones de una situación real o artificial, de las simulaciones de proceso. En las primeras, que denominan simulaciones de modelo conceptual, incluyen hechos, conceptos y principios del dominio simulado y, en ellas, el usuario suele abordar la tarea de inferir características del modelo a través de la manipulación de los valores de las variables y la observación y análisis de los resultados obtenidos. En las segundas, simulaciones de modelo operacional según su terminología, se incluyen secuencias de operaciones realizables sobre los objetos y contextos simulados. En este tipo de simulaciones, el alumno lleva a cabo conjuntos de operaciones pautadas por la misma práctica de la actividad o por la misma metodología de la investigación científica.

El uso de simulaciones como recurso educativo abre un gran abanico de posibilidades (8,10,11). Estas oportunidades han dado lugar al desarrollo a distintos de conjuntos de simulaciones simples (por ejemplo, 12-14) y algunos entornos de simulación más avanzados.

Aunque las tecnologías de la información se encuentran presentes de forma masiva en la sociedad y en el ámbito educativo, su uso como herramienta habitual en el proceso de enseñanza-aprendizaje aún es limitado y se centra especialmente en el nivel universitario (12,15), siendo casi inexistente en niveles previos. Aun siendo amplio el conjunto de recursos a disposición de profesores y alumnos de estudios post-secundarios y sus capacidades didácticas innegables (16), distintos dificultan su utilización en niveles anteriores: falta de tiempo para la adecuación de los recursos y la preparación de actividades, dificultades para la selección de los programas adecuados, falta de materiales didácticos digitales de eficacia contrastada…

A nuestro entender y de entre los recursos disponibles, los entornos de diseño de simulación ofrecen una gran oportunidad para la elaboración de materiales adecuados a Bachillerato y la Educación Secundaria. Entre los entornos de acceso libre, son destacables el laboratorio virtual de *The ChemCollective* y el *Easy Java Simulations*. Estas dos aplicaciones son las que se usarán como base de esta propuesta.

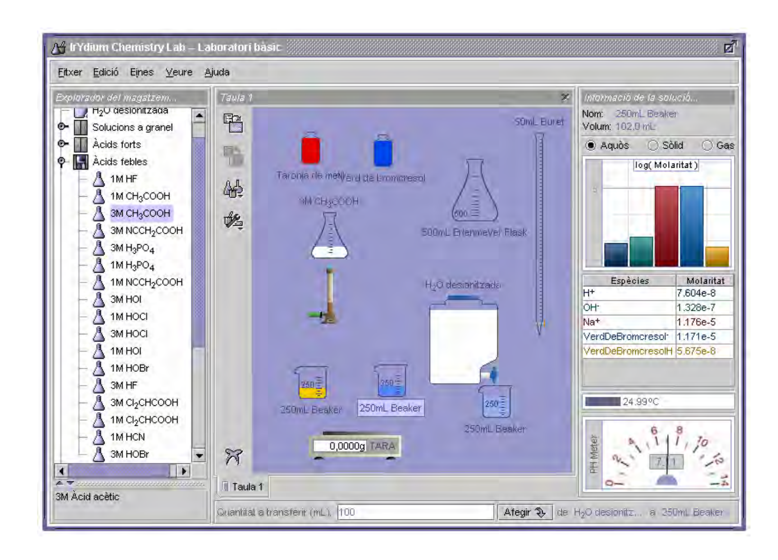


Figura 1: Laboratorio virtual de The ChemCollective.

4. EL LABORATORIO VIRTUAL DE *THE CHEMCOLLECTIVE*

The ChemCollective es un proyecto de investigación, financiado por la NSF (*National Science Foundation*) y liderado desde el Departamento de Química de la *Carnegie Mellon University*, cuyo objetivo es la mejora de la enseñanza de la Química en la enseñanza secundaria y post-secundaria a través de la utilización de recursos informáticos en línea. El proyecto incluye una colección de laboratorios virtuales, actividades contextualizadas y pruebas conceptuales que pueden ser incorporadas a distintas modalidades didácticas desde la preparación de laboratorios reales hasta la utilización de los mismos para la realización de tareas extralectivas complementarias a la clase presencial (17,18).

Uno de los recursos desarrollados en este proyecto es el *Virtual Lab*, laboratorio virtual, que constituye un entorno de simulación flexible simulando un laboratorio de química acuosa con el que se pueden realizar un número notable de experimentos que incluyen temas tales como disoluciones, valoraciones ácido-base, reacciones de precipitación, reacciones redox, gravimetrías…

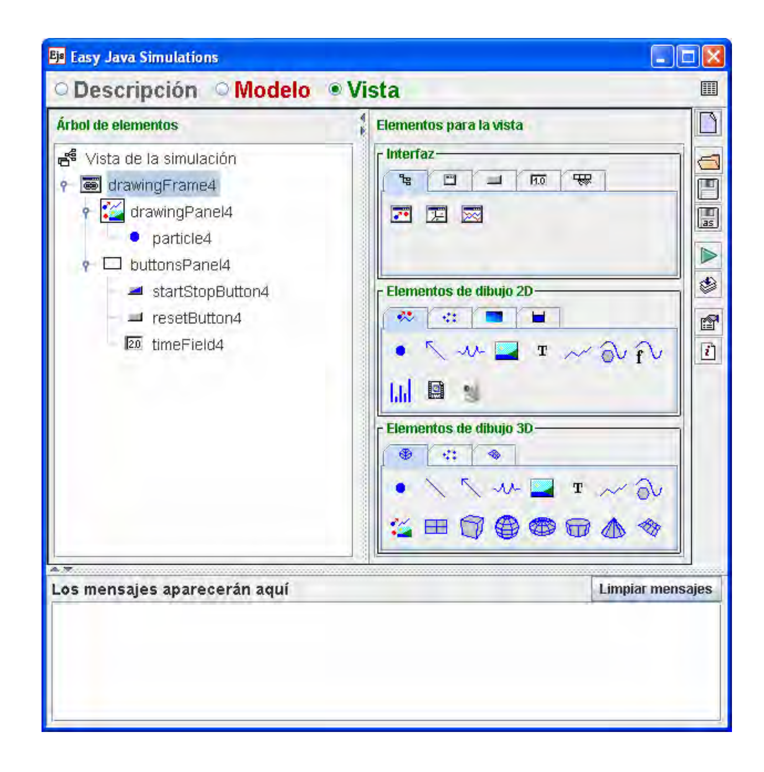


Figura 2: Ventana de diseño de la vista de la simulación del programa Easy Java Simulationms.

5. EL *EASY JAVA SIMULATIONS*

En el ámbito de la Física, un entorno de diseño de simulación destacado es el desarrollado por el Dr. Francisco Esquembre en la Universidad de Murcia (19). Este programa es de uso libre (se distribuye bajo licencia GPL) y está diseñado para el desarrollo de pequeñas aplicaciones en Java por parte de usuarios con conocimientos elementales de programación.

6. EL PROYECTO

El proyecto que se presenta en esta comunicación pretende dar respuesta a las necesidades de recursos que permitan mejorar el aprendizaje de la Química y la Física y la motivación por estas materias. Al mismo tiempo pretende ofrecer recursos favorecer la utilización en el aula de secundaria de los recursos informáticos disponibles, especialmente simulaciones y laboratorios virtuales.

Para abordar estas dos finalidades, se pretende desarrollar un conjunto de actividades para las disciplinas de Química y Física, tales que cumplan con las siguientes características: (a) las actividades ofrecerán un contexto relacionado con la actividad y la práctica científica, que deberá ser motivador para los estudiantes, (b) las

actividades serán abiertas de forma que los alumnos podrán elaborar hipótesis y desarrollar sus estrategias de resolución del problema, (c) las actividades utilizaran simulaciones como espacios para la creación y la exploración de hipótesis por parte de los estudiantes, (d) las actividades podrán utilizarse en distintos contextos (por ejemplo, en el aula de informática o en casa como tarea extralectiva), (e) las actividades serán suficientemente complejas como para facilitar su resolución en dinámicas de trabajo cooperativo, y (f) las actividades contendrán el material necesario para facilitar su utilización por parte del profesor incluyendo una ficha didáctica, orientaciones para la realización de la actividad y materiales para el trabajo de los alumnos.

7. UN EJEMPLO PILOTO: COLA DE CALIDAD

Como ejemplo piloto, se ha desarrollado una pequeña actividad sobre disoluciones y los efectos de los solutos en las propiedades de las mismas. El problema está disponible en la *Web* http://www.chemcollective.org/iqs. [Para acceder a la misma, acceda al laboratorio básico y busque la actividad a través del menú Fichero / Cargar tareas...].

La actividad se desarrolla de acuerdo con el siguiente esquema:

1. Se distribuye los alumnos en grupos de forma que tengan acceso a un ordenador por grupo.

2. Se presenta el problema en los siguientes términos: "Estás trabajando en el laboratorio de control de calidad de una empresa que produce refrescos. Los clientes se han quejado que los refrescos de cola que producís no son aceptables. En ensayos preliminares, se ha determinado que tres muestras no están en buen estado. ¿Cuáles son? ¿Qué problema presentan?"

3. Se indica a los alumnos que analicen las distintas características de los refrescos para resolver el problema.

4. Para facilitar el desarrollo de la actividad, el docente puede apuntar las siguientes dos ideas:

"Si en un recipiente con agua se coloca una lata de cola normal esta se hunde. Sin embargo, si el mismo experimento se repite con una lata baja en calorías ésta flota."

"Un refresco de cola contiene cuatro solutos principales: acidulantes, azúcares o edulcorantes, aromas y colorantes."

5. La actividad puede finalizarse relacionando las distintas observaciones con los efectos de los distintos componentes de la solución acuosa que es el refresco de cola: los acidulantes modifican el pH, los azúcares afectan a la densidad y los colorantes el color.

Aunque se trata de una actividad sencilla y que aún no se dispone de todos los materiales necesarios para docentes y estudiantes, esta actividad se ha realizado con éxito con distintos grupos de alumnos de primero y segundo de Bachillerato.

REFERENCIAS

1. Departament d'Educació, *Estadístiques del Departament d'Educació* (2005): http://www.gencat.net/educacio/depart/cestad.htm [última visita: 20-abr-07]
2. National Research Council, *How Students Learn: Science in the Classroom*, The National Academies Press, Washington (2005).
3. National Research Council, *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School,* The National Academies Press, Washington (1999).
4. J.M. Campanario, *La enseñanza de la ciencia en preguntas y respuestas* (2002): http://www2.uah.es/jmc/webens/INDEX.html [última visita: 20-abr-07].
5. J.I. Pozo, M.A. Gómez, *Aprender y enseñar ciencia,* Ediciones Morata, Madrid (1998).
6. J.N. Spencer, *J. Chem. Educ.*, **1999**, Vol. 76, 556–559.
7. National Research Council, *America's Lab Report: Investigations in High School Science*, The National Academies Press; Washington (2005).
8. J. Bravo, M. Ortega, M. Prieto, *Revista de Enseñanza y Tecnología*, **1997**, Vol. 8.
9. T. de Jong, W. Joolingen, *Rev. Educ. Research*, **1998**, Vol. 68, 179-201.
10. H. Härtel, COLOS: Conceptual Learning Of Science. En A.T. de Jong, L. Sarti (Eds.), *Design and Production of Multimedia and Simulation-based Learning Material*, Kluwer Academic, Holanda (1994).
11. H.M. Cartwright, *ChemConf on-line chemistry conference* (1997): http://physchem.ox.ac.uk/~hmc/chemconf/ccpaper6.html [última visita: 20-abr-07].
12. A. Franco, *Revista Española de Física*, 2003, Vol. 17, 63-66.
13. T. Greenbowe *Chemistry Experiment Simulations, Tutorials and Conceptual Computer Animations for Introduction to College Chemistry* (2005): http://www.chem.iastate.edu/group/Greenbowe/sections/projectfolder/animationsindex.htm [última visita: 20-abr-07].
14. O. Casellas, *FisLab.net* (2005): http://www.fislab.net/ [última visita: 20-abr-07].
15. A. Gras-Martí, M. Oardo, M. Celdrán, A. Santos, J.V. Miralles, J. Caturla, M.J. Cano, *Revista de Física*, **2003**, Vol. 3, 4-9.
16. W. Christian, M. Belloni, *Physlets: Teaching Physics with Interactive Curricular Material*, Prentice Hall, New Jersey (2000).
17. D. Yaron, R. Freeland, D. Lange, J. Milton, ConfChem (Conferences on Chemistry) (2000): http://www.chem.vt.edu/confchem/2000/b/yaron/Default.htm [última visita: 20-abr-07].
18. D. Yaron, J. Cuadros, G. Leinhardt, K.L. Evans, M. Karabinos, *Virtual Labs and Scenes to Support Chemistry Instruction: Lessons Learned*, en *About Invention and Impact: Building Excellence in Undergraduate STEM Education, AAAS*, Estados Unidos (2005).
19. F. Esquembre, *Creación de Simulaciones Interactivas en Java*, Pearson, Madrid (2004).

DESARROLLO DE UN ENTORNO DE AUTOAPRENDIZAJE UTILIZANDO MOODLE Y ANIMACIONES FLASH: FÍSICA PARA ALUMNOS DE NUEVO INGRESO EN LA UPM

Rosa Mª. Benito [a,b]***, Mª. Encarnación Cámara*** [a,c]***, Juan Carlos Losada*** [a,d]***,***
F. Javier Arranz [a,e]***, Luis Seidel*** [a,c]

[a] Grupo de Innovación Educativa "Física Interactiva"
[b] Departamento de Física y Mecánica, ETSI Agrónomos
[c] Departamento de Física Aplicada, ETSI Industriales
[d] Departamento de Tecnología de la Edificación, EU Arquitectura Técnica
[e] Departamento de Ingeniería Rural, ETSI Agrónomos
Universidad Politécnica de Madrid
rosamaria.benito@upm.es

El Proyecto "Física Interactiva" es una propuesta de renovación metodológica que estamos desarrollando para complementar la Física que necesitan los alumnos de nuevo ingreso en la UPM. El Proyecto integra materiales didácticos interactivos en una plataforma de tele-enseñanza que utiliza Moodle. Una parte importante de los contenidos interactivos están desarrollados en el formato Flash. En este trabajo describimos los objetivos y estructura del Proyecto, destacando las ventajas de Moodle y Flash para conseguir que la plataforma, que conforma un entorno de e-learning, prime la interactividad en el autoaprendizaje.

1. INTRODUCCIÓN

El Grupo de Innovación Educativa "Física Interactiva", al que pertenecen los autores, está desarrollando una herramienta interactiva para apoyar en la asignatura de Física a los alumnos de nuevo ingreso en la Universidad Politécnica de Madrid.

Nuestra experiencia indica que el escalón de entrada en los estudios de Ingeniería no es fácil de salvar: no hay una transición suave entre los modelos conceptuales de la Física en Bachillerato y los primeros cursos de Universidad. Los alumnos deben adaptarse a un modelo de enseñanza/aprendizaje nuevo para ellos, a la vez que tienen que remediar carencias y concepciones erróneas del modelo anterior. Esto se traduce con demasiada frecuencia en un alto número de fracasos y abandonos. Incluso cuando los alumnos superan los filtros del sistema académico, no está garantizado que tengan el nivel adecuado en Física, disciplina básica en todas las áreas de la Ingeniería.

Los alumnos de nuevo ingreso son, por tanto, un objetivo idóneo para una experiencia de innovación educativa que pueda contribuir a solucionar los problemas apuntados. En el marco del *Espacio Europeo de Educación Superior*, el nuevo paradigma de aprendizaje activo del alumno se puede ver potenciado por el uso de las tecnologías de enseñanza mixta o *b-learning* que aprovechan la familiaridad de los nuevos alumnos con los medios informáticos. Transformar o adaptar los contenidos tradicionales de una asignatura a un formato interactivo sobre soporte informático

accesible desde un navegador *Web* es uno de los retos de la investigación en la enseñanza de la Física (1).

2. FÍSICA PARA LOS ALUMNOS DE NUEVO INGRESO EN LA UPM

Los programas de Física de Bachillerato no tienen la misma estructuración ni los mismos objetivos que la Física para Ingeniería que habitualmente se encuentra en primer curso. Las asignaturas optativas de Bachillerato (Mecánica, Electrotecnia) que podrían remediar en parte esta situación no parece que estén muy implantadas. De forma gráfica, aunque poco rigurosa, se puede decir que la Física de Bachillerato está más orientada a la Ciencia Física para entender el Universo, y la Física para Ingeniería debe orientarse a la Física Aplicada, como herramienta en la Tecnología.

En nuestra experiencia, las diferencias apuntadas pueden servir para explicar algunos de los problemas que dificultan la adaptación de los alumnos de nuevo ingreso. De forma más concreta, hemos identificado los fallos más notables de los alumnos de nuevo ingreso:

- Nivelación: distinta formación e intereses previos.
- Razonamiento: cómo el alumno intenta utilizar sus conocimientos en un ejercicio (muchas veces intentando acertar con la fórmula aplicable).
- Cálculo: dificultades operacionales básicas, seguridad en las operaciones.
- Nivel y estilo de los ejercicios (problemas o cuestiones tipo).

En muchas Universidades se han puesto en marcha iniciativas para ofrecer soluciones e incentivos a estos problemas. Una de ellas, en la que participan algunos de los autores de esta Comunicación, se conoce como Curso Cero o Curso Propedéutico. Sin embargo, se puede decir que estos cursos son útiles pero no sirven para remediar todas las deficiencias, por la premura de tiempo. A partir de ahí, los alumnos deben procurarse otras ayudas si se han dado cuenta de sus carencias.

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO “FÍSICA INTERACTIVA”

El primer objetivo del Proyecto es reforzar los conceptos que no quedan claros en Bachillerato. No hemos pretendido escribir otro libro más de Física General, aunque sea en formato electrónico. Pretendemos dotar a los alumnos de nuevo ingreso de una herramienta de autoaprendizaje o aprendizaje activo, que tengan disponible desde el momento de su incorporación a la Universidad y a lo largo del primer curso.

La tipología de problemas en Física varía notablemente entre el Bachillerato y la Universidad. Por ello, nos interesa desarrollar en los alumnos la destreza en problemas que planteen varias preguntas sobre una situación física dada, de forma escalonada. Una justificación de este tipo de problemas se puede encontrar en (2).

Pretendemos que los alumnos trabajen de forma activa, de manera que los contenidos y la organización del curso fomentan una metodología activa y adaptada a reforzar o complementar los conocimientos previos del alumno. Dado que no es un curso tradicional de Física que deba cubrir un programa prefijado, se estima que los

alumnos realizarán una parte mayor o menor de los contenidos según sus necesidades. De los contenidos tradicionales de Física de primer curso, se insiste en el carácter vectorial de las magnitudes físicas y en la Mecánica y el Electromagnetismo. Los contenidos se limitan a los que figuran en los contenidos mínimos del Bachillerato y se estructuran en Unidades Didácticas que se pueden seguir de forma independiente, según las necesidades de cada alumno.

Tomando como ejemplo una de las Unidades Didácticas, su estructura incluye los siguientes elementos:

- Resumen esquemático y gráfico de los contenidos.
- Cuestionario previo para comprobar que los conocimientos previos coinciden con los que realmente se necesitan.
- Desarrollo detallado de los conceptos más importantes que se han evaluado en el cuestionario anterior.
- Ejercicios desarrollados con ayudas paso a paso, que el alumno debe intentar resolver por su cuenta.
- Problemas propuestos evaluados por la plataforma de forma inmediata y cuestionarios de autoevaluación.
- Contenidos más avanzados, que probablemente no han visto en Bachillerato, pero serán importantes en primer curso.

Además, se incluyen complementos para refrescar herramientas matemáticas necesarias (vectores, trigonometría, derivadas e integrales) y sobre unidades físicas.

Los contenidos, en particular los ejercicios y cuestionarios, aprovechan en la medida de lo posible los recursos integrados en Moodle. Como ejemplo, en la Figura 1 se presenta el aspecto de los contenidos complementarios de ayuda en Trigonometría, que incluyen una animación interactiva en formato Flash.

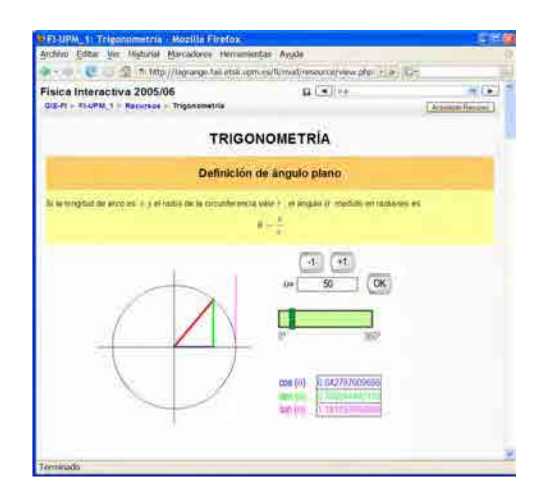


Figura 1. Recurso complementario para refrescar conceptos de Trigonometría, con una animación que permite conocer y representar las razones trigonométricas de cualquier ángulo.

4. *MOODLE* COMO PLATAFORMA DE APRENDIZAJE ACTIVO

El Proyecto se implementa en un sitio *Web* que utiliza *Moodle*. Se ha elegido Moodle (3) como plataforma de tele-enseñanza (o CMS: *Course Management System*) por los siguientes motivos:

- Open Source, software de código libre.
- Facilidad de instalación y administración.
- Gran implantación y creciente popularidad, también en la UPM.
- Herramientas disponibles para la creación de contenidos.

Las posibilidades que ofrece *Moodle* hacen que no se tenga que dedicar demasiado tiempo y recursos a la planificación o programación *Web* y se puedan aprovechar las herramientas pedagógicas que ofrece con eficacia. También nos interesan otras características propias de *Moodle* que facilitan la creación de contenidos: notación matemática en formato *LaTeX*; distintos tipos de ejercicios y problemas con posibilidad de respuestas numéricas, de corrección y evaluación automáticas.

Parte del desarrollo del Proyecto ha consistido en instalar y configurar un servidor *Moodle* experimental. Hemos comprobado la relativa facilidad de la instalación y la gran cantidad de recursos que permite configurar para nuestras necesidades. Este modo de trabajar exige mantener el servidor activo, frente a la facilidad de confiar en el soporte de la Universidad, pero también permite ajustar la configuración de los contenidos a nuestro gusto.

En particular, buena parte de los contenidos (resúmenes teóricos, cuestiones, problemas,…) necesita gran cantidad de fórmulas, gráficos, animaciones. Hemos podido configurar los filtros de *Moodle* para notación *LaTeX* de forma que el resultado es de gran calidad.

Otra característica notable de *Moodle* es la facilidad para integrar contenidos desarrollados en *Flash*, que presentan grandes posibilidades para la participación interactiva del alumno.

Por otra parte, hemos encontrado que *Moodle* tiene algunas características menos deseables, o que están todavía en desarrollo. En particular, el editor *HTML* integrado no es muy recomendable, la configuración del aspecto del sitio es trabajosa y el filtro *LaTeX* presenta bastantes fallos. En general, la propia comunidad *Moodle* es de gran ayuda, así como las constantes actualizaciones.

En la Figura 2 se muestra otro ejemplo de animaciones *Flash* integradas en los contenidos de Dinámica, junto con ecuaciones presentadas por el filtro *LaTeX*.

5. MATERIALES DIDÁCTICOS INTERACTIVOS EN FLASH

Hemos desarrollado para integrar en la plataforma, animaciones en formato Flash y *applets Java*.

El formato *Flash*, aunque es un formato propietario, es un estándar en Internet, y considerablemente más ligero que un *applet Java*.

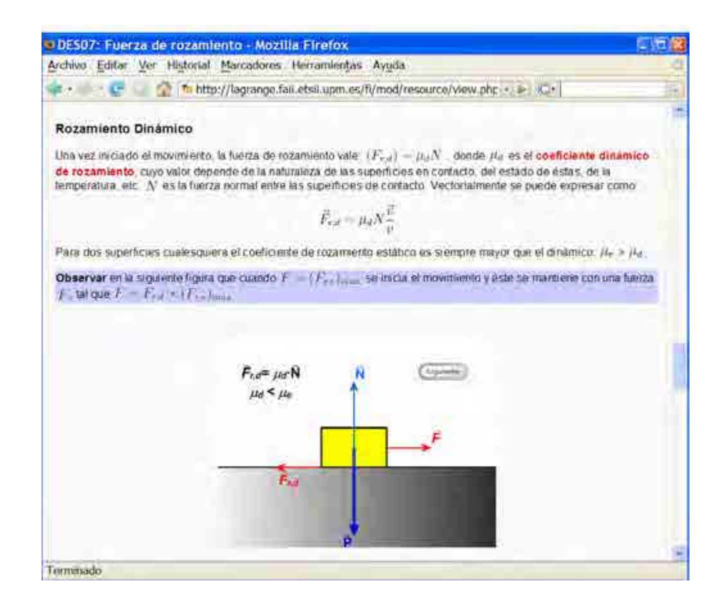


Figura 2. Contenidos de Dinámica, con expresiones matemáticas en formato LaTeX y animaciones Flash.

Hemos desarrollado animaciones *Flash* de dos tipos: una más sencilla para poder mostrar de forma secuencial los pasos de una explicación, o reproducir la forma en la que dibujamos un gráfico en la pizarra paso a paso; otra más compleja y con más posibilidades permite la interacción del usuario introduciendo datos o variando parámetros de una simulación.

Un ejemplo del primer tipo animación *Flash* se presenta en la Figura 3 y otro ejemplo del segundo tipo en la Figura 4.

6. CONCLUSIONES

Los problemas específicos que plantean los alumnos de nuevo ingreso en estudios de Ingeniería demandan acciones de Innovación Educativa que aprovechen las tecnologías de aprendizaje activo. Hemos presentado una herramienta desarrollada en la Universidad Politécnica de Madrid como plataforma de aprendizaje activo en la asignatura de Física, con la que se pretende contribuir a paliar esos problemas y mejorar la integración de la Física como herramienta básica en Ingeniería.

AGRADECIMIENTO

El Proyecto “Física Interactiva” está siendo financiado por el Vicerrectorado de Ordenación Académica y Planificación Estratégica de la Universidad Politécnica de Madrid, durante los cursos 2005/06 y 2006/07, en la Primera y Segunda convocatorias

de ayudas a la innovación educativa en el marco del proceso de implantación del *Espacio Europeo de Educación Superior* y la mejora de la calidad universitaria.

El equipo de desarrollo del Proyecto está formado por los profesores de la UPM que participan en esta Comunicación, con el apoyo de los alumnos de la UPM Fernando Martínez, Pablo Bretones y Álvaro Rico, como becarios.

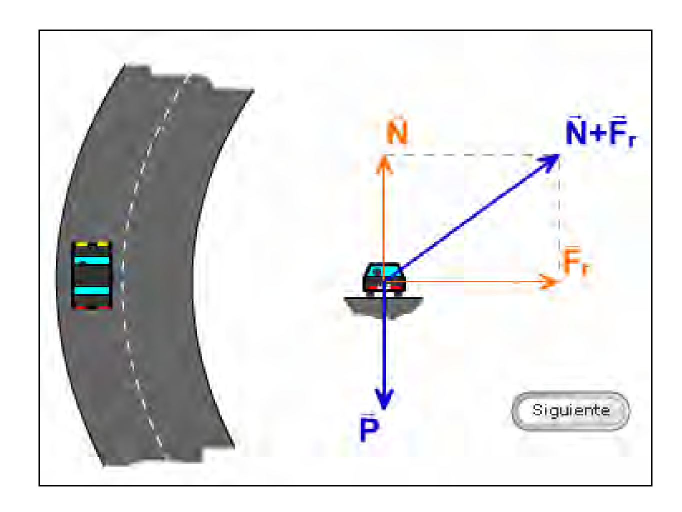


Figura 3. Animación Flash que muestra las fuerzas que actúan sobre un coche en una curva.

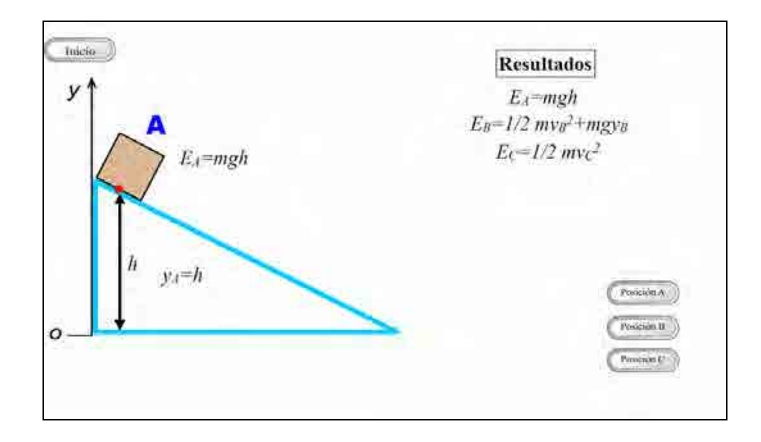


Figura 4. Animación Flash para ilustrar el método de conservación de la energía aplicado a la resolución de problemas de Dinámica.

REFERENCIAS

1. E.F. Redish. *Teaching Physics,* John Wiley & Sons (2003).

2. L. Seidel, J. M. Díaz de la Cruz, M.E. Cámara, F. Ramiro, An author system for developing problem sets in first-year physics, *Proceedings of the First European Conference on Physics Teaching in Engineering Education PTEE97* (1997).
3. J. Cole, *Using Moodle: Teaching with the popular open-source course management system.* O'Reilly (2005).
4. L. Seidel, R.M. Benito, M.E. Cámara, en Actas del *14 Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas* (2006).

LAS *WEBQUEST* COMO INSTRUMENTO PARA LA CONTEXTUALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO. UNA EXPERIENCIA SOBRE LA OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE ACEITES ESENCIALES

Juan Antonio Llorens Molina
Escuela Técnica Superior del Medio Rural y Enología,
Universidad Politécnica de Valencia
Avda. Vicente Blasco Ibáñez, 21 46010 Valencia
juallom2@qim.upv.es

La explotación de todo el potencial educativo que poseen las prácticas de laboratorio requiere su integración en el contexto de las asignaturas. En primer lugar, en cuanto a su vinculación al resto de actividades. Al mismo tiempo, esta contextualización también requiere la consideración de las relaciones Ciencia-Tecnología – Sociedad - Medio Ambiente. La introducción de las nuevas tecnologías puede contribuir notablemente a este objetivo a través de actividades como las WebQuest, que favorecen la creación de un ambiente de trabajo fluido y participativo, posibilitando una mayor profundización y un incremento del nivel cognitivo en las actividades asociadas a los trabajos de laboratorio.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más ampliamente debatidos e investigados en relación a la función de las prácticas de laboratorio es su adecuada inserción en el contexto de las asignaturas. No nos referimos exclusivamente a su adecuada integración en el currículo sino también a la coherencia entre la fundamentación teórica de éste y el enfoque metodológico del trabajo experimental. En algunas revisiones publicadas recientemente acerca de las perspectivas actuales de las prácticas de laboratorio en la educación científica (1, 2) surge como aspiración fundamental su contribución al desarrollo de actividades de elevado nivel cognitivo, en contextos de aprendizaje colaborativo e inspiradas en la denominada orientación constructivista del aprendizaje. Desde estos fundamentos teóricos, aprender ciencias es un proceso que adquiere muchos de los rasgos característicos de una tarea de investigación dirigida, perdiendo sentido la tradicional separación entre teoría, problemas y prácticas de laboratorio. Esta división ha sido profundamente cuestionada desde la investigación didáctica, aunque quizás no tanto desde la práctica docente cotidiana (3, 4)

Al intentar aplicar estas orientaciones en el ámbito de una asignatura troncal en los primeros cursos de nuestras Escuelas Técnicas como Fundamentos Químicos de la Ingeniería, nos hallamos ante la necesidad de conjugar los objetivos anteriormente citados con la introducción de técnicas experimentales de carácter general y la iniciación a los métodos analíticos instrumentales más sencillos. La investigación didáctica proporciona abundantes recursos en este sentido. Sin ánimo de ser

exhaustivos, pueden citarse algunas líneas de investigación e innovación particularmente interesantes y actuales.

En primer lugar cabría citar el impacto del aprendizaje basado en problemas (ABP). Inicialmente surgido en el campo de las Ciencias médicas, posee ya una reconocida tradición en diferentes campos del aprendizaje universitario (5). En cuanto a la Química se refiere, existen interesantes aportaciones y materiales de aprendizaje orientados desde esta perspectiva (6). De un modo sucinto, esta metodología consiste en introducir al alumnado en el contexto de un problema lo más vinculado posible a la realidad social o profesional, de modo que deba planificar, mediante un trabajo cooperativo y bajo la supervisión del profesor, un proceso de resolución que implica las siguientes etapas (7):

1. Exploración del problema y generación de hipótesis
2. Identificación de aquellos conocimientos necesarios para abordarlos y de las fuentes de información
3. Búsqueda de información y estudio independiente del tema.
4. Análisis crítico y discusión en grupo sobre los conocimientos adquiridos.
5. Aplicación del conocimiento a la resolución del problema.

En segundo lugar, debemos referirnos a todas aquellas propuestas que, aún sin identificarse necesariamente con el ABP, ponen el acento en la metacognición y en la creación de situaciones que favorezcan una adecuada realimentación, dotando de coherencia y sentido global al proceso de aprendizaje y promoviendo la autonomía del estudiante. En este sentido, son de particular interés las denominadas actividades *prelab* y *postlab* (8), cuyo objetivo es dotar de significación al trabajo de laboratorio al establecer relaciones entre éste y el resto de la asignatura, planteándose muchas veces como una etapa más de secuencias de actividades más amplias.

Otra aportación fundamental a la contextualización del trabajo experimental es la consideración de las relaciones Ciencia – Tecnología – Sociedad - Medio Ambiente (CTSA), introduciendo las tareas experimentales en el marco de situaciones problemáticas que estén relacionados con el contexto social, económico, tecnológico, etc. La relevancia de este enfoque en la configuración del modelo constructivista del aprendizaje ha sido claramente justificada desde la investigación educativa (9) y ha dado lugar, asimismo, a notables contribuciones como el proyecto *Salter's Advanced Chemistry* (10). Por otra parte, independientemente del aumento de la motivación a que este tipo de propuestas suele dar lugar, desde el punto de vista de la formación de futuros ingenieros es especialmente apreciable su contribución al desarrollo de competencias relacionadas con la toma de decisiones (11). Precisamente, una de las características fundamentales de las actividades dirigidas a favorecer las relaciones CTSA es su capacidad para promover la reflexión crítica y la adopción de posturas responsables frente a los retos actuales del desarrollo científico y tecnológico.

Otra importante línea de investigación es la relativa al trabajo colaborativo. Las tareas de carácter experimental suelen llevar implícito el trabajo en parejas o en pequeños grupos. La creación de espacios para el desarrollo eficaz del trabajo cooperativo y colaborativo es por tanto un objetivo importante y existe una abundante

literatura acerca de aspectos tales como la eficacia del cambio conceptual y la influencia del liderazgo (12) el desarrollo de actitudes (13) o el estímulo de la creatividad (14).

Por último, como un aspecto transversal a las líneas de trabajo anteriormente citadas, es necesario referirse a la atención creciente que se concede al desarrollo de tareas escritas como informes, cuadernos de laboratorio (15) y, particularmente, la incorporación del *portafolio* como instrumento de evaluación (16, 17)

Ahora bien, cuando descendemos desde la fundamentación teórica y el conocimiento práctico acumulado en tantas y tan valiosas investigaciones, al terreno de la práctica docente cotidiana, nos hallamos ante la necesidad plantear tareas que incorporen todas estas aportaciones de la investigación educativa que hemos citado anteriormente. Ahora bien, ello exige el establecimiento de ambientes de aprendizaje que cumplan las siguientes condiciones:

- El establecimiento de mecanismos de comunicación rápidos, fluidos y personalizados entre el profesorado, tanto con los grupos de trabajo como con los alumnos individualmente, así como entre éstos.
- La disposición de materiales didácticos escritos y gráficos de calidad, muy flexibles y adaptables y con un grado de concreción elevado, así como la posibilidad también de elaborar y revisar textos en un marco de trabajo colaborativo.
- La adopción de estrategias de evaluación y autoevaluación que proporcionen una realimentación rápida y eficaz.

Actualmente, disponer de estas condiciones es mucho más fácil gracias a la introducción cada vez más generalizada de las tecnologías de la información y la comunicación. En este sentido la reciente introducción en la Universidad Politécnica de Valencia de la plataforma *PoliformaT* facilita notablemente el logro de estas condiciones ya que, entre otras muchas aplicaciones, permite:

- La publicación de recursos en cualquier tipo de formato, incorporando la posibilidad de orientar la búsqueda de información en la red.
- La propuesta y evaluación de diferentes tipos de tareas individuales y colaborativas.
- El establecimiento de comunicaciones rápidas y seguras entre profesores y alumnos, pudiendo configurar grupos a los que dirigir información y tareas con carácter exclusivo, pudiendo asimismo incorporar los foros y *chats* como herramientas interactivas.
- La realización de actividades de evaluación que pueden plantearse como autoevaluación incorporando toda clase de sugerencias y comentarios en su corrección.

2. PROPUESTA DE UN MODELO DE ACTIVIDAD BASADA EN LA *WEBQUEST*

El modelo de actividad que se presenta en esta comunicación parte del concepto de *WebQuest*. Las características, objetivos y elementos básicos de este tipo de

actividades vienen ampliamente descritos en la bibliografía (18,19). Básicamente, se trata de un proceso de indagación en torno a un problema relevante –y que sea percibido como tal por los alumnos- en el contexto de la asignatura. Se caracteriza por la propuesta de tareas más o menos abiertas, de carácter cooperativo, que implican la búsqueda orientada de información en la *Web* y finalizan con actividades que favorecen la reflexión, síntesis y percepción global del problema planteado.

La propuesta que presentamos en esta comunicación incorpora algunos aspectos peculiares cuyo objetivo es facilitar la contextualización y profundización del trabajo de laboratorio, concretamente:

- Las tareas propuestas parten de los conocimientos y destrezas adquiridos en el trabajo experimental.
- Se sitúan en un contexto aplicado, relacionado con problemas reales, dentro del ámbito social, tecnológico o medioambiental.
- Constan de varias etapas cuyo desarrollo está sujeto a la evolución característica del trabajo de cada grupo y se basa en una atención continua y personalizada del profesorado a través de sus tutorías. Son, por tanto, tareas abiertas.
- El producto final se concreta en una exposición de carteles o en una presentación que implica el debate con el resto del grupo.
- La evaluación es participativa, incluyendo la evaluación entre iguales (*peer assessment*) del producto, así como la valoración por el alumnado de su proceso de aprendizaje y de los recursos puestos en juego al desarrollar la actividad.

3. UN EJEMPLO DE APLICACIÓN DE ESTE MODELO DE ACTIVIDAD EN UN CURSO DE FUNDAMENTOS QUÍMICOS DE LA INGENIERÍA (QUÍMICA ORGÁNICA)

El ejemplo presentado guarda relación con la obtención y análisis de aceites esenciales. Según el planteamiento inicial de la asignatura, su relación con los contenidos del currículo afecta a varios aspectos, principalmente:

- Estructura y clasificación de los terpenos y terpenoides. Su importancia como productos del metabolismo secundario de las plantas. Estos contenidos son desarrollados en las clases ordinarias.
- Procesos de extracción. Destilación por arrastre de vapor e hidrodestilación. (Se dedica una sesión de prácticas en la que se realiza la obtención de aceites esenciales de plantas aromáticas)
- Introducción a la cromatografía gas-líquido. Identificación de componentes mediante el cálculo de índices de retención. Se imparte un tema introductorio a las técnicas cromatográficas al que se dedica una sesión de prácticas. En esta sesión, se propone una sencilla cromatografía sobre papel (ácidos láctico, tartárico y málico en muestras de vinos) y se analizan por cromatografía de gases algunas de las muestras obtenidas en la hidrodestilación, planteando el cálculo de los índices de retención de *Kovats* para identificar algunos de los componentes más importantes.

4. DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

Todo el proceso descrito a continuación se basa en la atención personalizada a cada grupo de 3-4 alumnos que trabajan juntos en el laboratorio. Con cada grupo se realiza una entrevista inicial y al menos dos reuniones más para el seguimiento del trabajo. En todo momento, la plataforma *PoliformaT* es el instrumento empleado para proporcionar y corregir tareas y establecer cualquier tipo de comunicación.

ETAPA 1. Se parte de los populares aromas que suelen venderse en los bazares y la consideración de su bajo precio respecto a otros productos similares, considerando además el coste potencial que tiene el proceso de extracción del aceite esencial puro que ellos han desarrollado en el laboratorio. El problema inicial que se plantea es éste, pero la búsqueda de precios sirve para analizar los factores que los determinan. Éstos son, principalmente:

- Su pureza
- La procedencia, en cuanto a su quimiotipo, vinculado habitualmente a un área geográfica concreta, así como factores ecológicos: suelo, clima y altitud.
- La variedad de la planta aromática considerada y el tipo de explotación agrícola, concretamente si procede de cultivos ecológicos.

Aspectos todos que sitúan el problema en el marco de problemas agronómicos relevantes

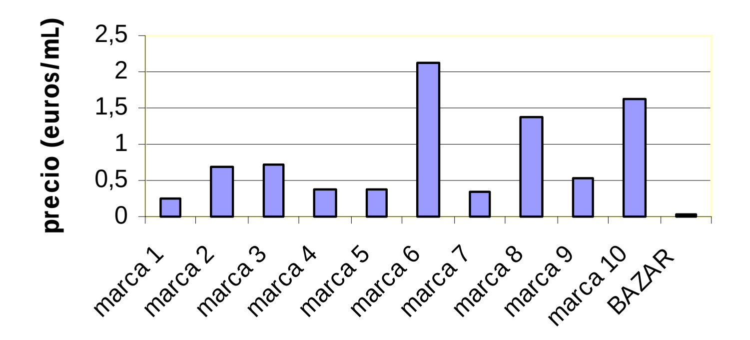
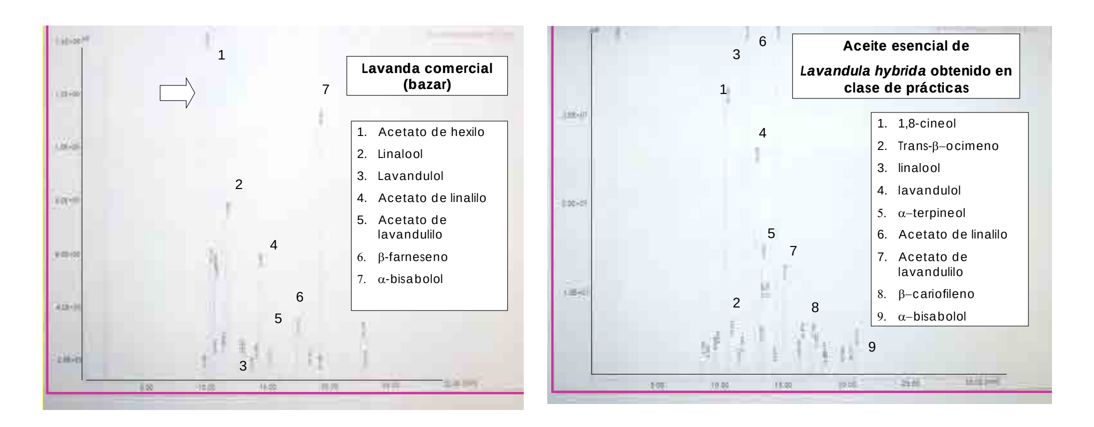


Figura 1. Variaciones observadas entre los precios de diferentes productos comercializados a través de Internet como "aceite esencial de lavanda".

ETAPA 2. Se plantea una búsqueda de información dirigida acerca de los métodos de extracción, considerando sus ventajas e inconvenientes, para identificar el más adecuado para la extracción de los componentes volátiles (que condicionan el aroma)

de las plantas aromáticas. Sirve de introducción a la práctica de laboratorio sobre manejo del equipo *Clavenger*.

ETAPA 3. El trabajo *postlab* de la práctica anterior va dirigido a que los alumnos reconozcan la cromatografía de gases como el método analítico que puede ofrecer alguna respuesta al problema planteado inicialmente. Tiene lugar entonces la obtención y análisis comparativo de los cromatogramas obtenidos a partir de esencias comercializadas en bazares y las obtenidas en el laboratorio. Una de las diferencias más habituales y fácilmente identificada por los alumnos es la presencia de un diluyente. También es interesante observar cómo, aunque la procedencia sea un aceite esencial natural, pueda corresponder a otra variedad o quimiotipo. Posteriormente se plantea el cálculo de los índices de retención de *Kovats* (20) para la identificación de algunos de los componentes más importantes, justificando en los casos más sencillos su estructura terpénica.



Figuras 3 y 4. Se observa la presencia de componentes comunes de los diferentes tipos de aceites esenciales de lavanda: linalool, acetato de linalilo, lavandulol y acetato de lavandulilo, entre otros. Destaca la presencia en la esencia comercial de un componente muy mayoritario (acetato de hexilo), que representa el 73% del área total de los picos, posiblemente incorporado como diluyente de un aceite esencial natural.

ETAPA 4. La actividad finaliza con la elaboración de una pequeña presentación en *Power Point* que se presenta durante unos 10 minutos en una sesión en que intervienen todos los grupos para la discusión y evaluación de los trabajos (todo el grupo contribuye a través de un pequeño cuestionario en la evaluación de las presentaciones). Su objetivo es favorecer la síntesis y reflexión global sobre todo el proceso.

REFERENCIAS

1. A. Hofstein, V.N. Lunetta, *Science Education*, **2004**, Vol. 88, (1): 28-54.
2. A. Hofstein, *Chemistry Education: Research and Practice*, **2004,** Vol. 5(3), 247-264.
3. D. Gil-Pérez, *Enseñanza de las Ciencias,* **1993,** Vol. 11(2), 197-212.
4. D. Gil-Pérez, C. Furió, P. Valdés, J. Salinas, J. Martínez, E. Guisasola, A. Dumas, M. Goffard, A.M. Pessoa, *Enseñanza de las Ciencias,* **1999**, Vol. 17 (2), 311-320.
5. J.D. Ward, C.L.J. Lee, *A Review of Problem-based Learning, JFCSE,* **2002**, Vol. 20, 16-26.
6. J.W. Lehman, *Operational Organic Chemistry: to problem-solving approach to the laboratory course*, **1999**, Prentice-Hall, New Jersey, 3rd. ed.
7. M.D. Northwood, D.O. Northwood, M.G. Northwood, *Global J. of Engng. Educ.,* **2003,** Vol.7 (2), 157-163.
8. www.ncsu.edu/labwrite/index_labwrite.htm (acceso 18/07/06).
9. J. Solbes, A. Vilches, *Enseñanza de las Ciencias,* **1992,** Vol. 10(2): 181-186.
10. G. Burton, J. Holman, G. Pilling, D. Waddington, *Salters Advanced Chemistry* (Vol. 1: *Chemical Storylines*; Vol. 2: *Chemical Ideas*), **1994,** University of York. Ed. Heinemann, Londres.
11. J. Solbes, A. Vilches, *Enseñanza de las Ciencias*, **2005,** Vol. Extra.
12. J.C. Basili, P.J. Sandford, *J. Research Sci. Teaching*, **1991**, Vol. 28, 293-304.
13. I.A. Shibley, D.M. Zimmaro, *J. Chem. Educ.*, **2002,** Vol. 79, 745.
14. G. Tang, P.B. Rooster, G.M. Jacobs, C. Kim-Eng, *The Internet TESL Journal*., **1999,** Vol. 5 (8).
15. E.N. Wiebe, C.E. Brawner, M. Carter, M.G. Ferzli, *The LabWrite Project. Experiences reforming lab reportwriting practice in undergraduate lab courses:* http://www4.ncsu.edu/~wiebe/articles/lwr-2005.pdf (acceso 12/03/07).
16. C.F. Adamchik, *J. Chem. Educ.,* **1996,** Vol**.** 73(6), 528
17. A.J. Phelps, M.M. LaPorte, A. Mahood, *J. Chem. Educ.*, **1997,** Vol. 74(5), 528.
18. D.L. Young, B.G. Wilson, 2006, *WebQuests for Reflection and Conceptual Change: Variations on a Popular Model for Guided Inquiry*: http://carbon.cudenver.edu/~bwilson/WebQuest/ (acceso: 3/02/07).
19. P. Benz, *What is a WebQuests?*: http://www.ardecol.ac-grenoble.fr/english/tice/oldtice/entice6a.htm (acceso: 3/01/07).
20. D.A. Skoog, J.J. Leary, *Análisis Instrumental,* 4ª Edición, McGraw-Hill, México (1996).

SIMULANDO LAS PROPIEDADES DE LA MATERIA DE FORMA INTERACTIVA. UN APRENDIZAJE INNOVADOR PARA INGENIEROS

Pablo Palacios Clemente, Kefrén Sánchez Noriega, Perla Wahnón Banarroch
E.T.S.I Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid
Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid
pablop@etsit.upm.es

El estudio de las propiedades microscópicas de la materia y algunas de sus manifestaciones a nivel macroscópico son básicos en los estudios de Ciencias Físicas o Químicas. Los alumnos de Ingeniería, sin embargo, adolecen de estos conocimientos en su formación. Se intenta aquí acercar a los futuros ingenieros al conocimiento de las propiedades de la materia desde un punto de vista teórico-práctico mediante el uso de distintos programas de simulación. Estos programas permitirán al alumno estudiar de una manera innovadora y cómoda un rango amplio de propiedades difícilmente comprobables para ellos de otro modo.

1. INTRODUCCIÓN

En una asignatura de estudios de Ciencias Químicas el estudiante necesita, además de aprender y comprender conceptos teóricos, aplicar estos ya sea de modo teórico o práctico. En una Escuela de Ingeniería de Telecomunicación la docencia de una asignatura de simulación de propiedades de la materia, donde muchos alumnos llegan sin conocimientos previos u olvidados del Bachillerato, presenta el problema de intentar dar una visión general de las propiedades de la materia, sin perder el rigor, desde el comportamiento microscópico de ondas y partículas, hasta propiedades de sólidos.

El estudio práctico real en un laboratorio de tan amplio espectro de conocimientos resultaría inabordable en una Escuela de Ingeniera, donde los alumnos consideran estos conocimientos algo tangencial a su formación. De este modo, la docencia de esta asignatura ha de suponer una adaptación a nuevos métodos de enseñanza en los que se incorporen las nuevas tecnologías, el trabajo en equipo y la resolución de casos prácticos, siendo por otra parte estos dos últimos algo común en laboratorio práctico de Química, sustituyéndose aquí la resolución por simulación. Esta visualización de los procesos ayuda a fijar y reconocer comportamientos de distintas propiedades de la materia. Cada tema, dentro de la asignatura, tiene asociado su propio programa de simulación, que se realiza una vez presentada la parte teórica correspondiente. Algunos de los conceptos que se utilizan en las prácticas, se imparten en diversas asignaturas fundamentalmente en el primer ciclo del nuevo plan de estudios, permitiendo ser comprobados mediante la simulación.

Uno de las características más importantes de esta asignatura es el uso de un portal *Web* propio de la asignatura como laboratorio virtual. Esta plataforma de tele-

educación permite seguir y desarrollar la asignatura de propiedades de la materia, y sirve de herramienta para profesores y alumnos. La docencia se imparte en el aula informática de la escuela, conectada al portal *Web*. Desde allí se dispondrá de los paquetes informáticos académicos apropiados que permitan simular de forma interactiva los comportamientos estudiados.

2. ESTRUCTURA DE LA ASIGNATURA

Esta asignatura, Simulación de Propiedades de la Materia (SPMT) es optativa y dirigida a alumnos de primer ciclo de ETSI Telecomunicación. Está dividida en dos módulos donde los alumnos reciben por cada uno de los 12 temas que la componen dos clases una teórica y otra práctica con simulaciones de casos derivados de la teoría (1,2). El primer módulo implica la simulación de las propiedades mecanocuánticas de átomos y moléculas, finalizando con una introducción a los sólidos, centrándose el segundo módulo en la simulación de propiedades electrónicas térmicas y magnéticas en sólidos (Tabla 1). Esto supone empezar con las propiedades de una onda, la representación de una partícula como un paquete de ondas, las propiedades de esta partícula frente a pozos y barreras de potencial, avanzando a cómo las partículas interaccionan entre sí para formar moléculas y sólidos, donde se estudian sus propiedades electrónicas, vibracionales y magnéticas.

Tabla 1: Temas de la asignatura Simulación de Propiedades de la Materia (SPMT).

Módulo 1	*Módulo 2*
1. Partícula Libre. Dualismo Onda-Partícula.	7. Diagramas de Bandas de Energías en Sólidos.
2. Pozos y Barreras de Potencial. Determinación del espesor de una capa de Aluminio.	8. Obtención de Diagramas de Bandas para distintos Materiales.
3. Sistemas de Pozos de Potencial. Efecto túnel.	9. Dinámica de Redes. Vibración de un Sólido Tridimensional.
4. El Oscilador Armónico. Vibración del H_2.	10. Modelos de Calor Específico en los Sólidos.
5. El átomo de Hidrógeno: Energía, Radio y Funciones Atómicas.	11. Propiedades y Características de Materiales Magnéticos.
6. Formación de Moléculas, Agregados y Sólidos.	12. Materiales Ferromagnéticos. Ciclos de Histéresis.

3. PLANTEAMIENTO

Cada alumno recibe una cuenta en la plataforma *on line* de la asignatura. Esta plataforma ha sido realizada por un ingeniero en su proyecto fin de carrera y está programada en *ASP*. Funciona a través de un navegador de *Internet* y su uso es sencillo e intuitivo. La plataforma permite acceder a la información de un modo eficaz, facilitando la incorporación de nuevos contenidos por parte del profesor y la recepción inmediata de esto por parte del alumno. Ofrece un alto grado de seguridad en cuanto se asegura que las respuestas y calificaciones se almacenan en un servidor seguro al que sólo tiene acceso el profesor. Además su facilidad de uso no implica, por tanto, pérdida de tiempo en su aprendizaje con respecto al temario de la asignatura. A todos los efectos, el alumno tiene disponible toda la documentación de la asignatura, las fechas de impartición de los distintos temas, tanto en su parte teórica como práctica, y las evaluaciones correspondientes de cada tema. Los alumnos tienen también a su disposición, un foro abierto para donde dejar sus opiniones. Existe también la posibilidad, si se considerara necesario, de ejecutar los distintos programas de simulación de manera *on line*, con lo que no seria necesario tenerlos instalados localmente en la sala de ordenadores y sería accesible su ejecución vía *Internet*, sin estar instados en las máquinas cliente, sin posibilidad de ser copiados parcial o totalmente en los casos de que existan *copyrights*. El alumno puede acceder en todo momento a las correcciones del profesor en cada una de las prácticas y tiene accesibles sus respuestas y notas de las prácticas previas.

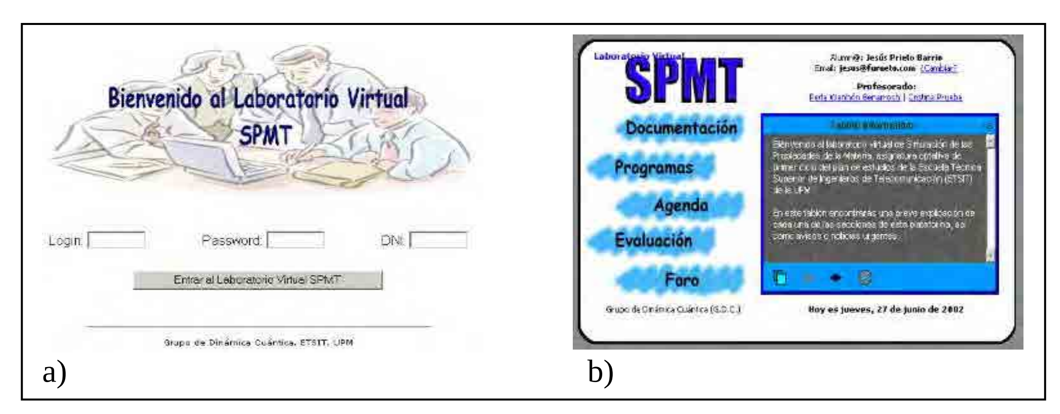


Figura 1. a) Entrada al portal de la asignatura. b) Página inicial del alumno.

La plataforma presenta partes comunes para profesor y alumno pero existen ciertas personalizaciones en el caso del profesor que le permiten de modo seguro seguir individualmente la evolución de cada alumno de la asignatura, la modificación o incorporación de nuevos contenidos en la parte teórica o práctica, como ejemplos, preguntas y correcciones en cualquier momento. El profesor tiene también un control sobre los accesos a las evaluaciones y a las correcciones de las prácticas. Además el

profesor tiene disponible la creación y edición de las practicas, así como a la documentación asociada, programas de simulación a utilizar y preguntas de evaluación de los alumnos. Las preguntas de *test* son corregidas automáticamente por el sistema una vez el profesor ha rellenado la plantilla.

4. OBJETIVOS

Desde el primer momento, en esta asignatura se ha intentado fomentar la apreciación por la Química Física y particularmente el conocimiento de la estructura y propiedades de de la materia. Si se espera que al final del curso los alumnos hayan adquirido y apreciado los conocimientos que se les ha enseñado no hay que apartar de nuestras mentes que los estudiantes de Ingeniería de Telecomunicación que cursan esta asignatura llegan con conocimientos muy dispares sobre la estructura de la materia. El objetivo inicial es evaluar qué conocen los estudiantes previamente y qué asignaturas relacionadas con los temas a tratar han cursado previamente, de manera que no se les den por supuesto conocimientos (3).

Se estudian y simulan por tanto casos realistas, como la frecuencia de vibración de la molécula de amoniaco a partir del efecto túnel, la anchura de una capa de anodizado a partir de los estudios de una barrera de potencial o las curvas de calores específicos de sólidos. Para resolver estos problemas, los alumnos necesitan pensar qué saben hasta ese momento y qué van a necesitar para completar la solución, estando el profesor en todo momento disponible para guiarle en el camino. De este modo han de interpretar los resultados que observan en la simulación, representarlos de la manera adecuada y llegar a sus propias conclusiones mediante el razonamiento y el debate de las ideas surgidas (3, 4).

5. METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN

Cada uno de los temas a dar se divide en dos clases. En la primera se ahonda en los fundamentos teóricos de cada tema, complementando la información que está disponible en el servidor de la asignatura para esa práctica. En la clase siguiente, se realizara la parte práctica a partir de guiones, donde se explican claramente los objetivos que se espera que el alumno debe conocer e investigar y se sugieren preguntas que se considera que el alumno debe hacerse durante la simulación. A partir de este guión, y una vez completado, los alumnos deberán responder a una serie de preguntas a resolver durante la clase práctica, derivadas de la simulación que acaban de hacer. Estos problemas se plantean en forma de preguntas de *test* o preguntas a desarrollar y se contestan directamente en la plataforma, con lo que las preguntas de *test* se corrigen automáticamente una vez enviadas al servidor a partir de la plantilla que previamente ha rellenado el profesor con las respuestas. La organización de la clase puede hacerse o bien con un ordenador por persona o bien en parejas, dependiendo del número de alumnos matriculados ese año y de la capacidad del aula. La clase está abierta al diálogo entre el profesor y los alumnos, así como entre ellos

mismos, a fin de que se discutan y debatan las mejores respuestas a los planteamientos o la mejor manera de abordarlos. El trabajo en clase con las respuestas a las preguntas de cada tema suman el 50% de la nota (4,166% cada una de las 12 prácticas), mientras que la evaluación final supondría el otro 50%.

6. ENCUESTAS

Se realizaron encuestas a los alumnos sobre la facilidad de uso de la plataforma (a), la utilidad de la realización de evaluaciones a través de *Internet* (b), la facilidad de la relación alumno-profesor que supone esta metodología docente (c) y la facilidad del seguimiento de la asignatura frente al método tradicional (d). Las respuestas de los alumnos en tanto por ciento frente a un total de 44 alumnos se presentan en las gráficas de la figura 2 (a-d) y son claramente favorables hacia la metodología de impartición de la asignatura. Para el caso (a) casi un 80% de los alumnos valoran por encima de 7 (sobre 10) la facilidad de uso de la plataforma. Para el caso (b) más del 75% de los alumnos valoran por encima de 7 puntos el sistema de evaluación. La facilitación de la relación alumno profesor llega casi al 80% y la mejora en el seguimiento de la asignatura frente a un método tradicional casi al 90%.

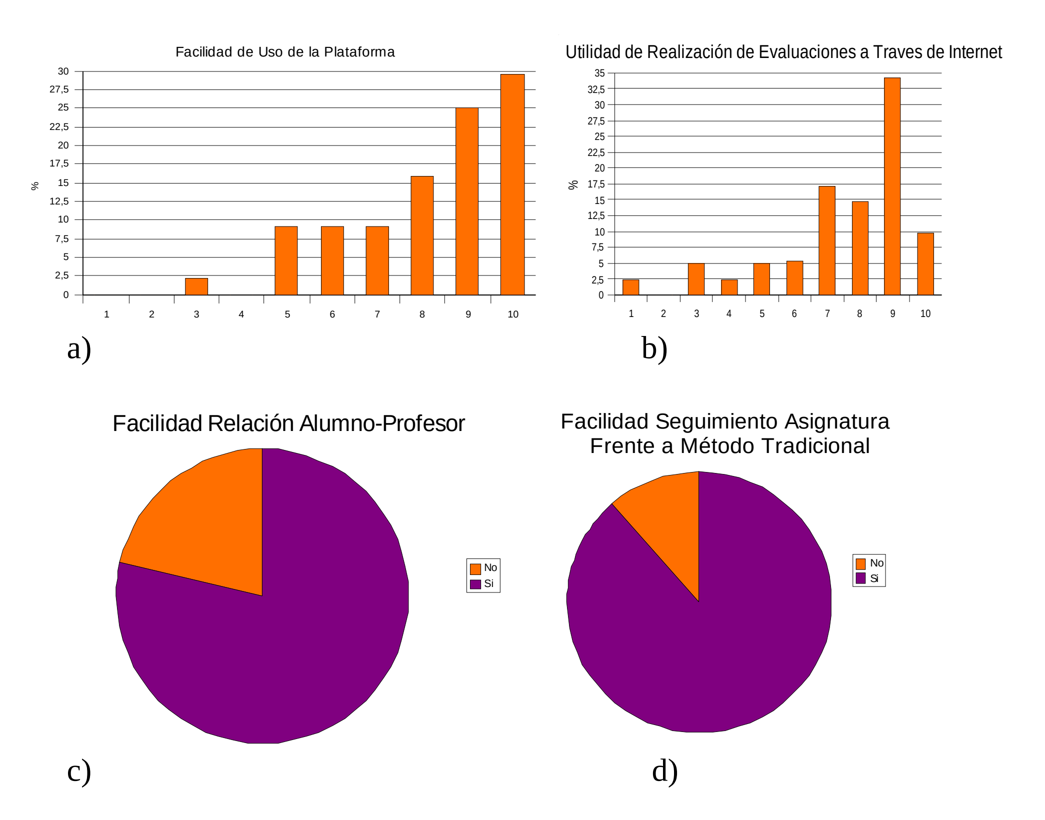


Figura 2. Resultados de las encuestas realizadas a los alumnos.

7. FUTURO

Dentro del contexto europeo, la asignatura necesitaría adaptarse al sistema de créditos europeos, ECTS (5). Creemos que, dado el carácter de innovación ya presente en la asignatura en su estado actual, la adaptación no ha de suponer un gran cambio en el desarrollo de la asignatura. La asignatura SPMT tiene 6 créditos actualmente que supondrían 4,5 créditos ECTS. Sería por tanto necesario un tiempo dedicado por el alumno para su trabajo entre 112,5 y 135 horas (25-30 horas por crédito). Esas horas, se podrían repartir de manera que 12h se dedicarían a clases magistrales, 24h a laboratorios, 12h a orientar el desarrollo de un proyecto centrado en una de las prácticas y otras 12 para las defensas de los proyectos y discusión de estos, lo que podría eliminar la prueba final. En estas 60 horas estaría involucrado activamente el profesor. Las restantes las ocuparía el alumno en la comprensión de los conceptos teóricos y relacionados con el *software* de las prácticas y la elaboración de los proyectos. En el caso de que la asignatura se adaptará a la telepresencia, teniendo así los alumnos accesibles los programas vía *Internet* en todo momento, se podría incluir horas reservadas para el desarrollo de una Memoria de prácticas.

8. CONCLUSIONES

Se ha presentado el estado actual y las perspectivas de futuro de la asignatura Simulación de Propiedades de la Materia (SPMT) de la ETSI de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid. Esta asignatura intenta dar una visión a los alumnos de Ingeniería de las propiedades microscópicas y alguna macroscópica de la materia, de una manera amena e involucrando a los alumnos para que sean parte activa en el desarrollo de las simulaciones que se proponen y busquen respuestas a los problemas que se plantean a lo largo del curso.

REFERENCIAS

1. P. Wahnón, *Simulación de propiedades de la material. Modulo I.* Departamento de Publicaciones de la ETSI Telecomunicación (2000).
2. P. Wahnón, *Simulación de propiedades de la material. Modulo II.* Departamento de Publicaciones de la ETSI Telecomunicación (2000).
3. R. M. Felder, *Chem. Eng. Educ.*, **2006**, Vol. 40 (2), 110.
4. R. M. Felder, *Ibíd.*, **2003**, Vol. 37 (4), 282.
5. *Programa de convergencia europea, el crédito europeo,* Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (2005).

USO DE HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS PARA PRÁCTICAS CON RADIOISÓTOPOS EN LA INDUSTRIA

Sonia Zaragoza Fernández, Ángel Varela Lafuente, Ana Isabel García Díez, José Luis Mier Buenhombre
Departamento de Ingeniería Industrial II, Universidad de A Coruña, c/ Mendizábal s/n
15403 Ferrol, A Coruña. szaragoza@cdf.udc.es

El objetivo de esta práctica consiste en que los alumnos puedan comprobar personalmente, y de una forma segura, algunos aspectos de la naturaleza radiactiva de los isótopo;, en particular, su capacidad de penetración en los objetos, a través de una de las aplicaciones más comunes de estos en la sociedad, la Radiología.

1. INTRODUCCIÓN

Para la realización del objetivo del presente documento se ha creado una herramienta informática denominada ZARVAGAR (figura 1). Este programa tiene la capacidad de planificar trabajos de radiología industrial. Es decir, en función del objeto a ensayar se escoge la técnica de radiografiado más eficiente y segura bajo los criterios ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) creada según las consideraciones generales impuestas por los organismos tanto internacionales (ICRP), como por los nacionales (1,2). ZARVAGAR permite en función de determinadas variables (tipo de fuente, actividad de la misma, distancia foco-fuente, espesor y naturaleza de la muestra, tipo de película y densidad de la película), calcular tiempos de exposición y calcular distancias de seguridad. Esta capacidad del programa nos sirve para diseñar varios experimentos que muestran la naturaleza de los isótopos radioactivos (3).



Figura 1: Programa ZARVAGAR.

Para la realización de los experimentos hemos utilizado dos isótopos, uno del Cobalto y otro del Iridio. La elección de estos dos isótopos es por la utilidad de ambos en las aplicaciones industriales y su complementariedad, que viene determinada por sus diversas propiedades, ya que el Cobalto tiene una mayor capacidad de penetración que el Iridio. A continuación mostramos sus características más relevantes:

- ${}_{27}Co^{60}$: Este isótopo radiactivo del Cobalto se obtiene artificialmente mediante absorción de neutrones, en reactores nucleares de alto flujo neutrónico. Se desintegra por medio de emisión β^- y fotones gamma de 1,17 y 1,33MeV, tal y como se muestra en el diagrama de desintegración representado en la figura 2, con un periodo de semidesintegración de 5,26 años. Esto permite preparar fuentes de radiación de hasta 100 kCi. Esta capacidad de emisión de radiación gamma lo hace muy útil para numerosas aplicaciones.

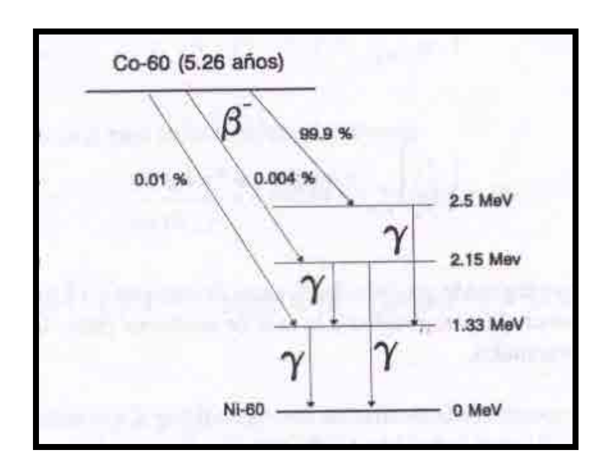


Figura 2: Esquema de desintegración del isótopo ${}_{27}Co^{64}$(4).

- ${}_{77}Ir^{192}$: Este isótopo radiactivo de Iridio se obtiene artificialmente por captura neutrónica en un reactor nuclear consiguiéndose fuentes puntuales de hasta 50 Ci (5), aunque al ser su periodo de semidesintegración de 75 días requiere una pronta renovación.

2. EXPERIMENTACIÓN

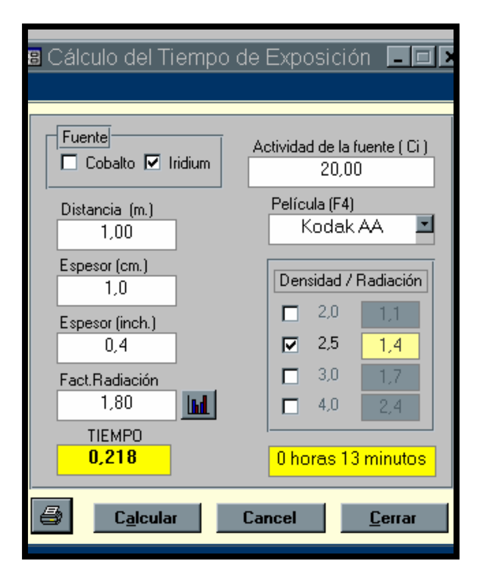
Para comprobar las características de los isótopos radiactivos se han diseñado dos experimentos, en los que tratamos de calcular los tiempos de exposición a la radiación necesarios para la obtención de un tipo de radiografía, con un contraste y definición perfectamente determinados. A través de los datos de los tiempos de exposición se puede ver claramente la capacidad de penetración de la radiación, y también podremos observar que esta capacidad varía enormemente con la naturaleza de la fuente radiactiva.

Experimento I.

En este caso se examinará una pieza de acero de 10 mm de espesor, tanto con una fuente do Cobalto como con otra de Iridio de 20 Ci de actividad, permaneciendo el resto de características inalterables, tal y como se muestra en la tabla 1 y se expone en la figura 3.

Tabla 1. Datos del experimento I.

Isótopo	Co^{60}	Ir^{192}
Actividad de la Fuente	20 Ci	20 Ci
Distancia foco-fuente	1m	1m
Naturaleza de la muestra	acero	acero
Espesor de la Muestra	10mm	10mm
Tipo de película	Kodak AA	Kodak AA
Densidad de la película	2,5	2,5
Tiempo de exposición	7 minutos	13 minutos



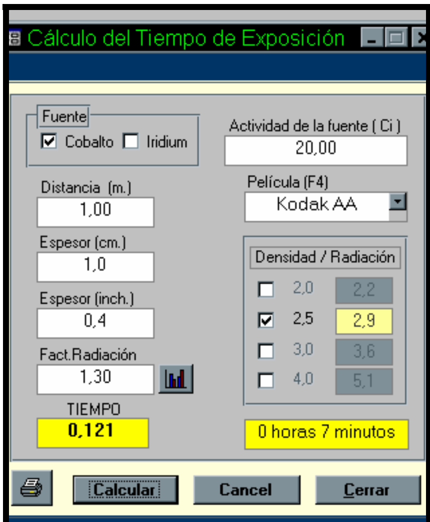


Figura 3. Cálculo del experimento I con el programa ZARVAGAR.

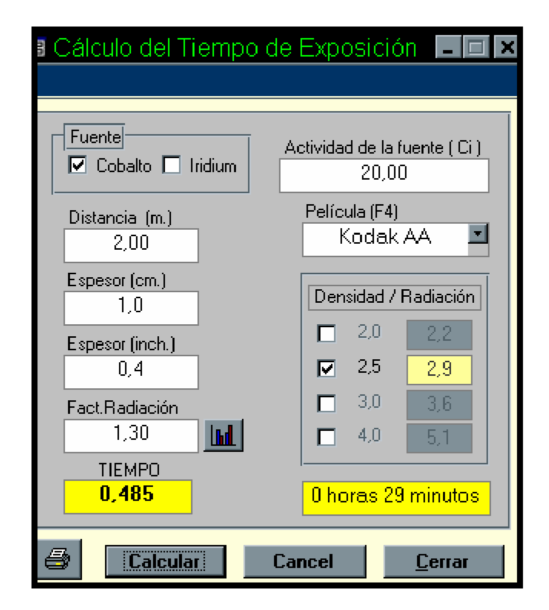
Experimento II.

En este caso se comprueba los tiempos de exposición a la radiación tanto para la fuente de cobalto como para la de Iridio, para realizar una radiografía a un acero de 10 mm de espesor variando la distancia foco - fuente, quedando por lo tanto el resto de

los parámetros inalterados. Vemos las características de este experimento en la tabla 2, así como en la Figura 4.

Tabla 2. Datos del experimento II.

Isótopo	Co^{60}	Ir^{192}
Actividad de la Fuente	20 Ci	20 Ci
Distancia foco-fuente	2m	2m
Naturaleza de la muestra	acero	acero
Espesor de la Muestra	10mm	10mm
Tipo de película	Kodak AA	Kodak AA
Densidad de la película	2,5	2,5
Tiempo de exposición	29 minutos	52 minutos



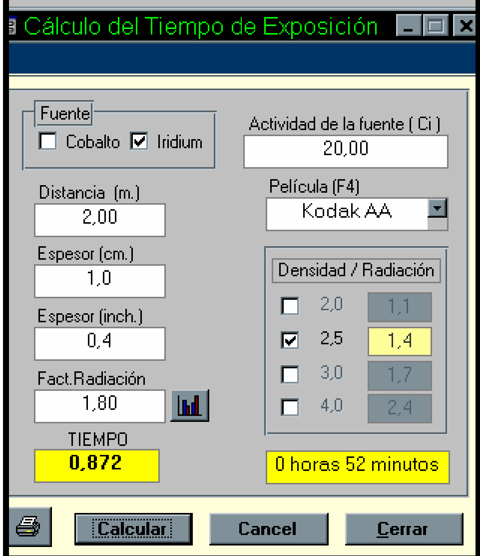


Figura 4. Cálculo del experimento II con el programa ZARVAGAR.

3. RESULTADOS

A través de este sencillo programa se ha podido constatar la capacidad de penetración de los materiales radiactivos, ya que a son capaces de definir una imagen en una película radiográfica a través de un objeto, que en este caso era una chapa de acero de 10 mm de espesor. A continuación se muestra en la tabla 3 un resumen de los resultados obtenidos.

En la introducción se han comentado las características de las dos fuentes con las se ha realizado el experimento y los resultados revelan que, efectivamente, la fuente de Cobalto emite una radiación con una mayor energía que la del Iridio, dándole a éste una mayor capacidad de penetración y de ionización, por lo que los tiempos de exposición necesarios para realizar la imagen sobre la película radiográfica son menores en caso del Cobalto comparándolos con el caso del Iridio. Estos resultados se confirman a medida que separamos la fuente del objeto a radiografiar.

Tabla 3. Resumen de resultados

Distancia fuente-foco	Tiempos de exposición $_{27}Co^{60}$	Tiempos de exposición $_{77}Ir^{192}$
1m	7 minutos	13 minutos
2m	29 minutos	52 minutos

4. CONCLUSIONES

Como conclusiones podemos observar:

- La radiactividad tiene capacidad de penetrar a través de la materia.
- La naturaleza de la radiactividad influye en los niveles de penetración de ésta en la materia.
- Este conocimiento de la naturaleza de isótopos radiactivos nos permite utilizarlos de la manera más justificable posible, es decir, pudiendo elegir de todas las opciones que existen en el mercado, aquella que en base a las circunstancia de la aplicación que se vaya a realizar se ajuste más a las necesidades.
- Se ha constatado los mayores niveles de energía de la radiación emitida por el $_{27}Co^{60}$.
- A medida que se aumenta la distancia de una fuente radiactiva, la radiación es menor, ya que como se ve se necesita más tiempo para realizar la imagen, debido a la capacidad que tiene el aire de absorber radiación.

REFERENCIAS

1. *Reglamento de Protección Sanitaria Contra las Radiaciones Ionizantes*, B.O.E. 26 de Julio 2001.
2. F. Brant, *The Journal of Nondestructive Testing*, **2000**, Vol. 5, 8.
3. A. García, S. Zaragoza, A. Varela, J.L. Mier, R. Artiaga, L. García, *Ventajas del Radiografiado Panorámico en Tanques de Hidrocarburos*, IX Congreso Nacional de Materiales, Ed. Universidad de Vigo (2006).
4. V. Alcober, *Cálculo de Blindajes: Protección Radiológica Aplicada a Instalaciones Nucleares*, Ed. Ciemat (1999).
5. A. Tanarro Sanz, A. Tanarro Onrubia, *Diccionario sobre Tecnología Nuclear*, Ed. Foro de la Industria Nuclear Española (1999).

ENSEÑANZA DE METALOGRAFÍA BASADA EN *SOFTWARE* LIBRE

Fernando Barbadillo Jove, Ramón P. Artiaga Díaz, Ángel Varela Lafuente, Ana Isabel García Díez, Laura García Soto
E.P.S., Universidade da Coruña,
c/ Mendizábal s/n , 15403 Ferrol, A Coruña
barbadil@cdf.udc.es

En el presente trabajo se comentan las posibilidades de dos programas disponibles en Internet, para construir páginas HTML didácticas. Como ejemplo de su aplicación se ha tomado la Metalografía, por ser uno de los campos de trabajo de los autores.

1. INTRODUCCIÓN

El uso de los ordenadores en la enseñanza permite muchas posibilidades de trabajo. Ponerse a programar requiere conocimientos al respecto y tiempo, circunstancias de las que a veces no se dispone. Sin embargo, existen programas educativos muy interesantes, como el que se analizará en este trabajo como herramienta para que el alumno se ejercite en la identificación de microestructuras de metales.

En el presente trabajo se comenta la aplicación de dos programas libres que hemos utilizado en el campo de la Metalografía pero bien podría haber sido cualquier otro tema de Física o Química. Su finalidad no es tanto para de su uso en aula, sino ponerlo disponible en *Internet* para que los alumnos puedan acceder a ellas desde sus casas bibliotecas, etc. Sin que sea necesario que los alumnos dispongan del programa sino sólo de un navegador de *Internet.*

2. LOS PROGRAMAS

El programa *EdiLIM* (1) (*Editor de Libros Interactivos Multimedia*) es un programa libre, preparado por Fran Macías. Está disponible en castellano, catalán, gallego e italiano. Dispone de un fichero de ayuda que explica cómo realizar las páginas. *EdiLIM* precisa para su funcionamiento el *plug-in flash*.

Permite realizar unos treinta tipos de páginas distintas: puzzles, sopas de letras etc., pensado, quizá, para un nivel escolar, pero alguna de sus aplicaciones como “identificar imágenes” o “etiquetas”, que permite identificar zonas de una foto, un mapa o un gráfico, puede tener aplicación en la enseñanza de la Metalografía.

Como ejemplo, la Figura 1 es una microfotografía de una cementita reticular en la que el alumno debe señalar tres zonas: las agujas características de la estructura *Widmänstatten*, la cementita y la ferrita. El programa *EdiLIM* permite hasta seis etiquetas por gráfico.

En la Figura 2 presentamos tres fotografías para que el alumno las asocie con un texto. Debe mover con el ratón la imagen y unirla al texto.

En marzo del 2007 se ha publicado una nueva versión de *EdiLIM*.



Figura 1. Imagen preparada con EdiLiM tipo "etiquetas". Se debe arrastrar el nombre sobre el número y pulsar en el signo √ para verificar las respuestas. Las etiquetas incorrectas volverán a la posición inicial.

El programa "*Hot potatoes*" (2) es un programa libre con condiciones (para profesores de organismos estatales, que se utilice sin ánimo de lucro y para publicar los trabajos en una página *Web* de acceso libre). Ha sido desarrollado por la Universidad de Victoria, en Canadá. Permite la elaboración de seis tipos de ejercicios, *test* de respuestas múltiples, ejercicios de rellenar huecos, crucigramas, etc. El resultado se publica en un archivo *HTML*, que es un formato de las páginas *Web*. Tiene parte en castellano y otros idiomas, y permite cambiar el texto de algunas partes que no han sido traducidas. El Ministerio de Educación y Ciencia, a través del CNICE (3,4) tiene un curso a distancia para aprender a manejarlo y, a los que estén interesados, les proporciona créditos. Cada tipo de ejercicio se guarda como un archivo específico y después se puede generar el documento final. La aplicación desarrollada consiste en una serie de etiquetas y fotografías que se deben emparejar. Esto facilita el estudio de las imágenes, a la vez que posibilita un entrenamiento interactivo, de forma que el usuario puede comprobar los aciertos y los fallos en cualquier momento que lo desee.

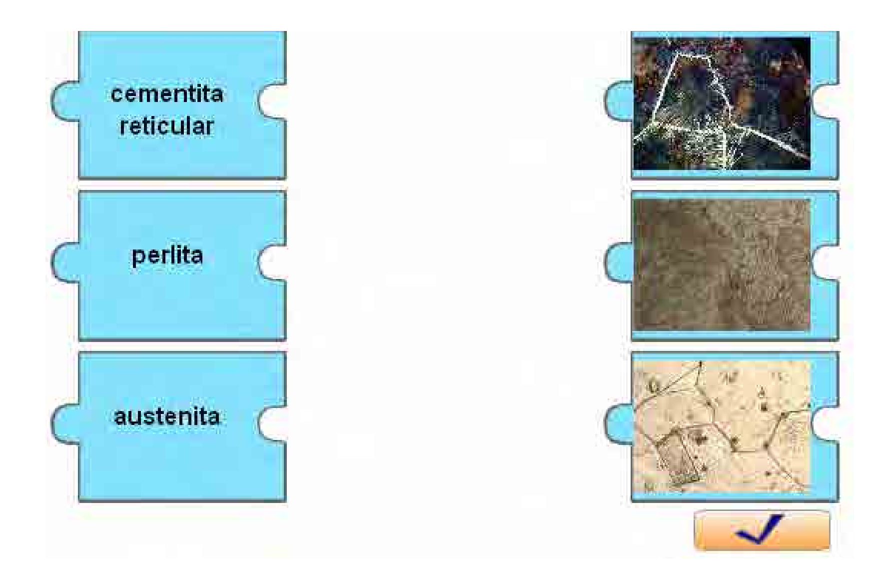


Figura 2. "Identificar imágenes" del Edilim. Se debe mover las imágenes y encajarlas con el texto correcto. Al pulsar en el signo la √ las respuestas incorrectas regresan a la posición inicial.

REFERENCIAS

1. www.educalim.com
2. http://hotpot.uvic.ca/
3. www.aula21.net/segunda/hotpotatoes.htm
4. www.formacion.pntic.mec.es/formamos/c_hot.php

INNOVACIÓN EN LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE: CURSO VIRTUAL DE LA ASIGNATURA BASES QUÍMICAS DEL MEDIO AMBIENTE

Consuelo Escolástico León, Pilar Cabildo Miranda
Departamento de Química Orgánica y Bio-Orgánica, Facultad de Ciencias, UNED
Senda del Rey, 9. 28040 Madrid
cescolastico@ccia.uned.es, pcabildo@ccia.uned.es

En el contexto actual de adaptación de las Universidades al Espacio Europeo de Educación Superior, y para facilitar el proceso de convergencia europea, es necesario realizar la renovación de las metodologías docentes, con especial énfasis en la enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes. A tal efecto, en la UNED se ha producido la incorporación de asignaturas como Bases Químicas del Medio Ambiente, que se pueden seguir parcial o totalmente a través de la plataforma de enseñanza virtual WebCT. Esta asignatura es troncal del plan de estudios de la Licenciatura de Ciencias Ambientales y se imparte desde el curso 2004/05.

1. INTRODUCCIÓN

La Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) presenta unas características, en cuanto a metodología específica de enseñanza-aprendizaje a distancia y semipresencial y a la extensión de su territorialidad, que hacen que su participación en el proceso hacia el *Espacio Europeo de Educación Superior* (EEES) se convierta en un objetivo estratégico.

Por otro lado, tal como se recoge en la exposición de motivos de la Ley Orgánica de Universidades, resulta necesaria una nueva ordenación de la actividad universitaria que permita a las Universidades "*abordar, en el marco de la sociedad de la información y del conocimiento, los retos derivados de la innovación en las formas de generación y transmisión del conocimiento*". La sociedad actual requiere innovaciones y cambios en las formas tradicionales de formación, producción y comunicación de la información.

Por lo anteriormente expuesto, en la adaptación al EEES es de sumo interés que los Centros experimenten la implantación de nuevas metodologías de enseñanza-aprendizaje en asignaturas de primeros cursos. Por ello, la asignatura Bases Químicas del Medio Ambiente es idónea para este tipo de experiencias piloto, ya que es una asignatura troncal del plan de estudios de la Licenciatura de Ciencias Ambientales que dispone de un curso virtual desde el curso 2004/05, y el número de estudiantes matriculados posibilita el poder trabajar con diversos grupos. Además, es una asignatura que casi seguro prevalecerá en los nuevos Planes de Estudio.

2. CURSO VIRTUAL

La UNED, desde hace varios años, dispone de una Unidad de Virtualización que ha permitido la preparación de una herramienta tan sumamente potente, como es el Curso Virtual. Se utiliza como entorno virtual de enseñanza-aprendizaje la plataforma *WebCT* (http://www.webct.com). El entorno de la aplicación permite la realización de varias actividades docentes mediante el empleo de un ordenador con conexión a *Internet*. El acceso al curso virtual está protegido con un sistema de seguridad y únicamente acceden a el los estudiantes matriculados, los profesores y un administrador general. Es sencillo de manejar y permite publicar y recoger información, tanto de recursos formativos como de trabajos o prácticas, establece tutoría telemáticas en tiempo real, establece foros de muy diversa índole (generales, por Centro Asociado, de alumnos, de tutores, etc.) y también dispone de un sistema de autoevaluación.

La estructura está basada en iconos y menús, que permiten al usuario saber en todo momento como acceder a una determinada zona o módulo (ver Figura 1).



Figura 1. Página de inicio del Curso Virtual de Bases Químicas del Medio Ambiente.

El Curso Virtual ha modificado la forma de comunicación profesor/a-estudiante, haciéndola más sencilla y asequible y facilitando los canales de información. Pero, además, el Curso Virtual contiene muchas más aplicaciones que es necesario explorar

y explotar, para conseguir su máximo rendimiento. Todo ello supone la posibilidad de simplificar la creación de nuevos materiales docentes. Tal es el caso de la coordinación de trabajos en grupo, diseño de paquetes de problemas, dirección de prácticas *on line*, etc., o de la aplicación para la creación de *tests* interactivos autoevaluables. Estos *tests* incluyen la posibilidad de autocorrección y de mostrar la justificación de la respuesta por lo que representan un sistema de autoevaluación.

Por tanto, el Curso Virtual permite una evaluación continua mediante un conjunto de pruebas de evaluación, resolución de problemas, realización de trabajos, etc., con controles sistemáticos que pueden ser utilizados para la evaluación del alumno y por otro lado la posibilidad de llevar a cabo una autoevaluación.

3. SISTEMA DE AUTOEVALUACIÓN EN ENTORNOS VIRTUALES

El módulo de autoevaluación permite introducir al profesor una serie de preguntas en la base de datos de la aplicación, así como la respuesta correcta. Las preguntas pueden ser de distintos tipos: verdadero-falso, *test* de selección múltiple, de respuesta numérica, etc. La aplicación (ver Figura 2) permite almacenar las respuestas de los estudiantes y dar los resultados de la autoevaluación con una calificación numérica.

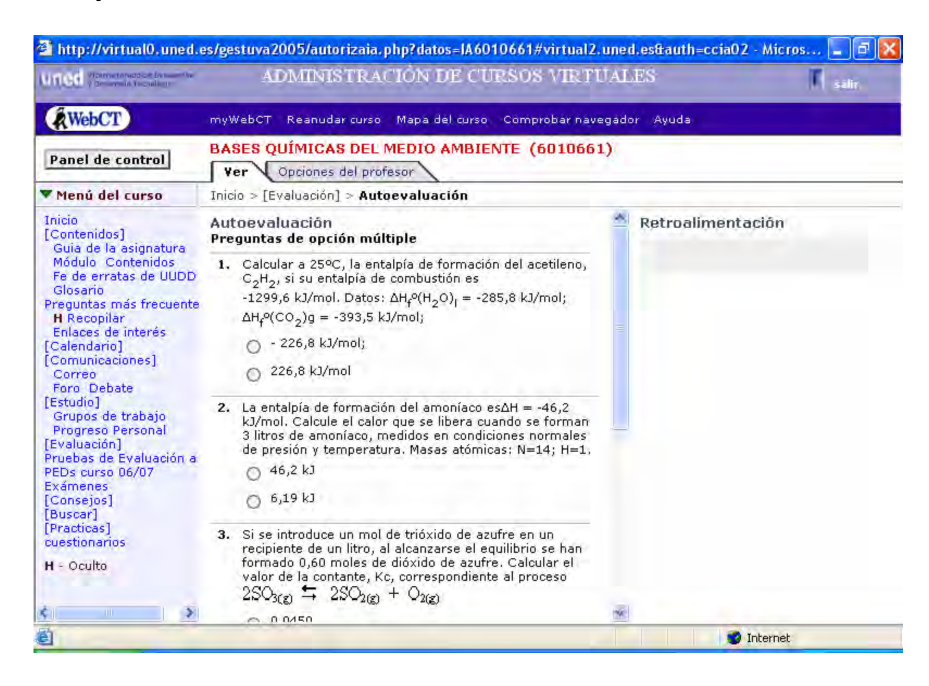


Figura 2. Ejemplo de un cuestionario de autoevaluación para el alumno.

Las principales ventajas de un entorno virtual para llevar a cabo un sistema de autoevaluación con pruebas de respuesta objetiva son:

- Seguimiento individualizado del aprendizaje del alumno.

- Evaluación de conocimientos y habilidades.
- Permite a el/la estudiante seguir su propio ritmo de aprendizaje.
- Se obtiene una respuesta inmediata.
- La base de datos se puede utilizar y mejorar en siguientes cursos.
- La corrección es automática siendo apropiado para grandes grupos.

4. CRÉDITO EUROPEO

El crédito europeo (ECTS) debe quedar definido como la unidad de valoración de la actividad académica en la que se integran las enseñanzas teóricas y prácticas, otras actividades académicas dirigidas y todo el trabajo restante que el/la estudiante debe realizar para alcanzar los objetivos educativos. Es decir, la introducción del crédito europeo como unidad del haber académico valora el volumen global de trabajo realizado por el/la estudiante en sus estudios, y no sólo las horas lectivas. En consecuencia, el diseño de los planes de estudio y las programaciones docentes se llevarían a cabo teniendo como eje de referencia el propio aprendizaje de las/los estudiantes.

Conviene subrayar al respecto que el crédito europeo no es una medida de duración temporal de las clases impartidas por el profesorado, sino una unidad de valoración del volumen de trabajo total llevado a cabo por el/la estudiante, expresado en horas, lo cual incluye tanto su participación en clases, teóricas o prácticas, seminarios y realización de todo tipo de actividades, como el esfuerzo dedicado al estudio y a la preparación, y ejecución de exámenes. En resumen, esta nueva unidad de medida debe comportar un nuevo modelo educativo basado en el trabajo de el/la estudiante y no en las horas lectivas, o, dicho de otro modo, centrado en el aprendizaje del estudiantado y no en la docencia del profesorado.

5. IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE Y DE EVALUACIÓN A TRAVÉS DEL CURSO VIRTUAL

A través del curso virtual se pretende implantar nuevas herramientas y también nuevas estrategias, como son los *tests* de autoevaluación, trabajos en grupo y realización de diversas actividades (problemas, prácticas *on line*, etc.), que motivarán a el/la estudiante a participar activamente. No son fáciles de diseñar, puesto que estamos en una situación novedosa, incipiente y, lógicamente, aún no se han contrastado. Serán necesarias reflexiones, debates y críticas sobre todo ello, a fin de cuantificar lo más objetivamente posible las ventajas e inconvenientes que nos puedan plantear, y de determinar cómo han de introducirse en el aula para que constituyan verdaderos elementos de eficacia didáctica. Es decir, para que ayuden al estudiantado a adquirir competencias.

Dado que una competencia es un conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes y valores, la enseñanza orientada a la adquisición de competencias implica la

necesidad de manejar diversas modalidades organizativas, métodos de enseñanza y sistemas de evaluación.

Ello conlleva una evaluación diferenciada de actividades. Hoy por hoy, el peso de la evaluación en la asignatura de Bases Químicas del Medio Ambiente recae en tres actividades: Pruebas Presenciales, Prácticas y Pruebas de Evaluación, si bien casi exclusivamente se contabiliza la calificación obtenida en la Prueba Presencial (ver Figura 3). De este modo, pretendemos dar un valor en créditos ECTS a cada actividad, por lo que en este estudio determinaremos el peso específico de cada una de ellas.

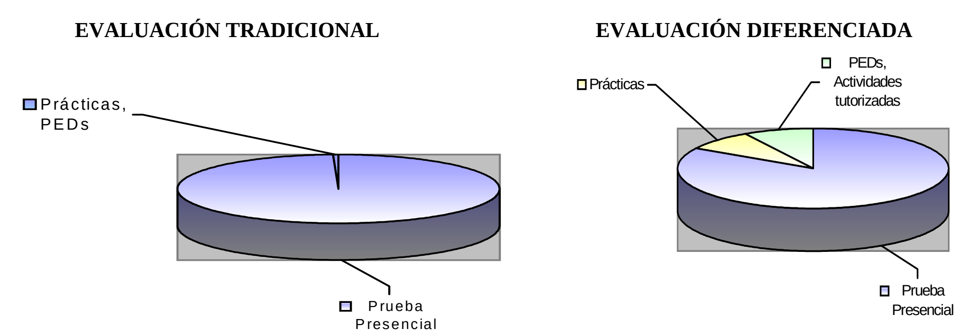


Figura 3. Diferencias entre la evaluación tradicional y la alternativa planteada.

Con ello pretendemos:

- Motivar a el/la estudiante para que desarrolle unas habilidades, actitudes y destrezas que le ayuden a adquirir competencias necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- Evaluar diferenciadamente todas las actividades en las que participa el/la estudiante, es decir, nos lleva a una evaluación diferenciada de tareas centrada en competencias.

En definitiva, junto con la experiencia obtenida a lo largo de los años, pretendemos con este proyecto valorar el esfuerzo del estudiantado a través de todas las actividades que conlleva la asignatura de Bases Químicas del Medio Ambiente. Tales son:

- Actividades tradicionales con evaluación tradicional.
- Aprendizaje de contenidos de la Unidades Didácticas.
- Resolución de ejercicios de autoevaluación.
- Resolución de pruebas de evaluación.
- Asistencia a tutorías.
- Realización de prácticas en el laboratorio.
- Pruebas presenciales.
- Seguimiento del curso virtual.
- Actividades del curso virtual tutorizadas con evaluación diferenciada.
- Participación activa en el curso virtual.
- Aprendizaje de contenidos del Curso Virtual.
- Resolución de problemas a través de la *Red*.

- Realización de *tests* de Autoevaluación.
- Realización de prácticas virtuales.
- Realización de trabajos en *Red*.
- Trabajo en grupo a través de la *Red*.

La implementación de nuevas estrategias enseñanza-aprendizaje (resolución de problemas prácticos, elaboración de trabajos en grupo, *tests* de autoevaluación, etc. a través del curso virtual), así como la evaluación del trabajo de las/los estudiantes, correrá a cargo de los equipos docentes y del profesorado tutorial. Este último será también el elemento dinamizador del proceso de implementación de nuevas estrategias de enseñanza-aprendizaje en el curso virtual.

Para la evaluación diferenciada se tendrá en cuenta el número de créditos ECTS que corresponda a cada actividad y poder dar un peso específico a cada una de ellas. El valor del número de créditos ECTS de cada actividad se obtendrá a partir de encuestas a las/los estudiantes.

En el siguiente esquema se detalla la implicación de los diferentes agentes participantes en las diversas actividades.

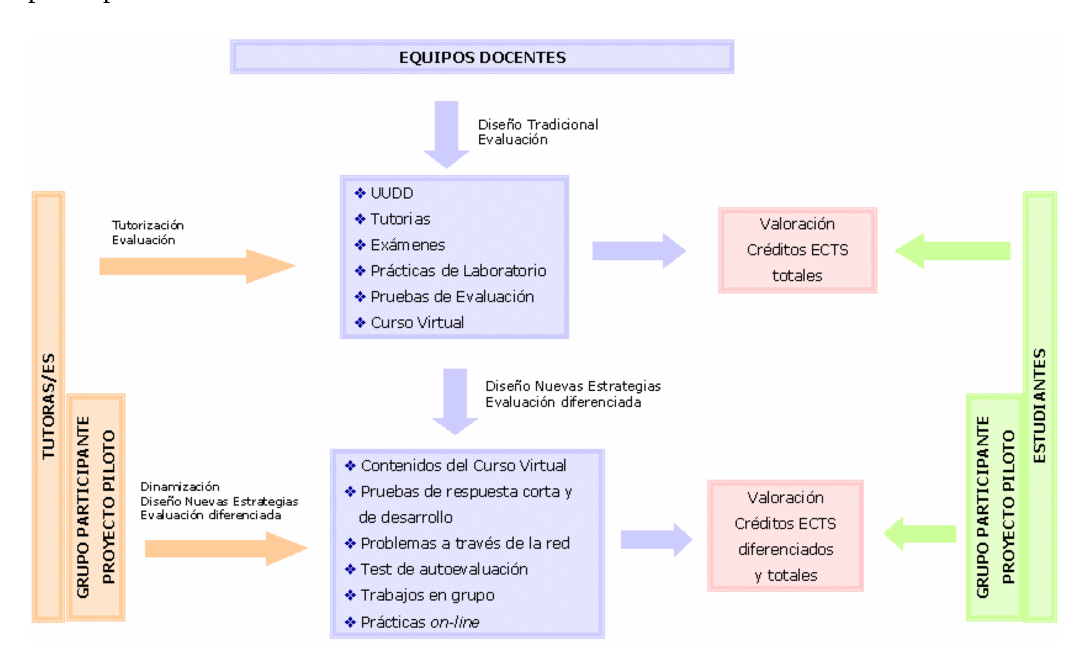


Figura 4. Implicación del conjunto de participantes en las diferentes actividades.

La asignación de créditos europeos (ECTS) estará basada en los datos recogidos a través de encuestas dirigidas tanto a estudiantes como a profesoras/es. Las encuestas realizadas tendrán como objetivo conocer desde el punto de vista del estudiantado las horas totales de trabajo que son necesarias para superar cada una de las materias objeto de estudio. De la misma manera, también se pretende conocer desde el punto de

vista del profesorado las horas de trabajo que éste considera necesarias para superarlas.

Al finalizar el curso se enviarán unos cuestionarios donde se recogerán:

- Horas totales dedicadas al estudio como trabajo personal, solo o en grupo, pero sin contacto con el/la profesor/a.

- Horas totales dedicadas a Tutorías y Prácticas experimentales.

- Horas dedicadas al resto de actividades académicas (realización de pruebas presenciales, resolución de pruebas de evaluación, trabajos, ejercicios, etc.)

En cuanto a la evaluación diferenciada, se hará con todas las actividades evaluables: pruebas presenciales, prácticas, pruebas de evaluación, *tests* de autoevaluación, resolución de problemas y trabajos en *Red*. Se definirá el porcentaje aplicado a cada actividad.

Una vez finalizado el estudio permitirá hacer una valoración en créditos ECTS de la asignatura Bases Químicas del Medio Ambiente y adaptar los contenidos para el curso 2007/08.

REFERENCIAS

1. http://www.uned.es/portal/**.**
2. *Documento-Marco*, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, febrero 2003.
3. *La LOU y el Espacio Europeo de Educación Superior*, La Ley Orgánica de Universidades 6/2001, de 21 de diciembre (Art. 88-3) (BOE 307 del 24 de diciembre).
4. *Establecimiento del sistema europeo de créditos en las titulaciones universitarias de carácter oficial y validez en todo el territorio nacional*, Real Decreto 1125/2003 de 5 de septiembre de 2003 (BOE 224 del 18 septiembre).
5. M.M. Díaz, *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias. Orientaciones para promover el cambio metodológico en el Espacio Europeo*, Ed. Ministerio de Educación y Ciencia y Universidad de Oviedo (2006).
6. M. Luisa Sevillano, *Estrategias de enseñanza y aprendizaje*, Guía Didáctica. UNED (2005).
7. A. García Beltrán *et al*., *Revista de Educación a Distancia*, **2006**, Vol. 5.

LABORATORIO VIRTUAL DE FÍSICA NO LINEAL

Rosa Mª. Benito Zafrilla [a], Florentino Borondo Rodríguez [b], Javier Ablanque Ramírez [a], Francisco Javier Arranz Saiz [a], Juan Carlos Losada González [a], Carlos González Giralda [a]

[a] Grupo de Innovación Educativa ''Física Interactiva", E.T.S.I. Agrónomos
Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid
[b] Departamento de Química, Universidad Autónoma de Madrid
Cantoblanco 28048 Madrid. rosamaria.benito@upm.es

El material multimedia que presentamos es un complemento didáctico para la realización de prácticas de laboratorio de Física no lineal. Empleando un entorno Web, el alumno puede acceder al tradicional guión de cada práctica en formato PDF, a una presentación en PowerPoint con los fundamentos teóricos, así como a un vídeo demostrativo del experimento realizado por un profesor. Apostamos con este trabajo, por el empleo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el aula.

1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, el alumno se enfrenta a una clase experimental con el guión de la práctica como único material didáctico, el cual se le suele facilitar al comienzo de la clase. Nuestra experiencia en la realización de clases experimentales, y en particular en el laboratorio de Física no lineal, nos indica que el aprovechamiento por parte del alumno es mucho mayor si se ha familiarizado previamente con los fundamentos del experimento. Por este motivo hemos desarrollado el material multimedia que aquí presentamos, el cual, al haber sido creado en un entorno *Web*, nos permite tenerlo accesible para el alumno a través de *Internet* con suficiente antelación al día de realización de la práctica.

2. DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL

Este material consta de cuatro prácticas de Física no lineal: el péndulo doble, el péndulo de *Pohl*, la reacción oscilante y el circuito de *Chua*. Para cada experimento se incluye un guión, donde se explican los pasos para su realización y se plantea al alumno una serie de cuestiones para afianzar sus conocimientos, una presentación de *Power Point*, donde se exponen los fundamentos teóricos, y un vídeo demostrativo de la experiencia.

Cabe resaltar la sencillez de uso de este material, incluso para alumnos no familiarizados con las aplicaciones informáticas.

La primera pantalla que se encuentra el alumno es la que se muestra en la Figura 1, donde puede elegir para cada práctica entre el guión del experimento, la presentación con los fundamentos teóricos, o el vídeo demostrativo. Además, se pueden consultar

unas notas sobre las instrucciones de uso de la aplicación y el listado de autores. Como se indica en dichas instrucciones, para visualizar correctamente este material didáctico, es necesario disponer en el ordenador del siguiente *software*: *Acrobat Reader, Power Point* y *Real Player.*

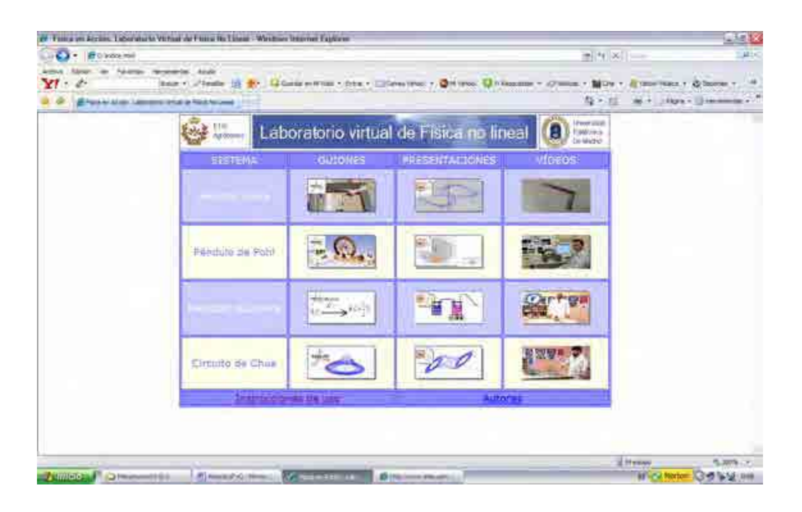


Figura 1. Pantalla de inicio de la aplicación.

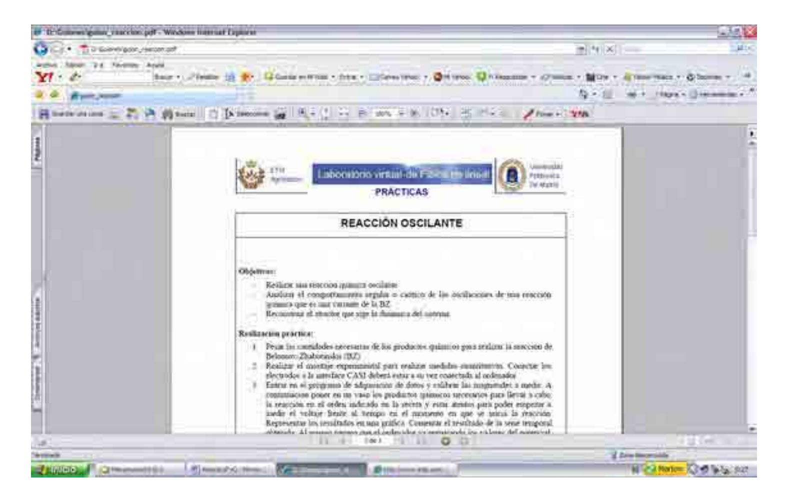


Figura 2. Guión de la práctica de la reacción oscilante.

Cada guión (Figura 2) presenta la siguiente estructura: los objetivos que se pretenden alcanzar al término de la experiencia, los pasos que se deben seguir para realizar la práctica, acompañado de diversas cuestiones para que el alumno recapacite

y con ello entienda el porqué de la experiencia, y una bibliografía básica para ampliar conocimientos.

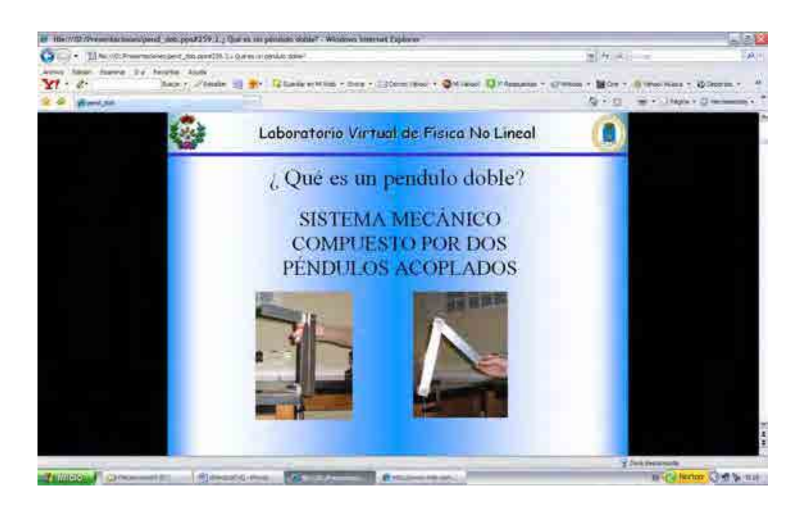


Figura 3. Presentación de los fundamentos teóricos de la práctica del péndulo doble.

Las presentaciones en *Power Point* (Figura 3) constan de una serie de diapositivas donde se explican los fundamentos teóricos de cada experiencia haciendo uso de las herramientas gráficas que posee este programa, permitiendo incorporar ecuaciones, fotografías, gráficos, animaciones, etc.



Figura 4. Vídeo del experimento del péndulo de Pohl.

Finalmente, el alumno puede observar cómo se realiza cada experimento a través de un vídeo (Figura 4), en donde un profesor lleva a cabo la práctica al mismo tiempo que la explica.

3. CONCLUSIONES

El material multimedia aquí presentado, creemos, que constituye una alternativa al tradicional desarrollo de una clase de prácticas, permitiendo al alumno acceder previamente a través de *Internet* tanto a los guiones de los experimentos, como a otros materiales audiovisuales explicativos, de manera que llegue a la realización de la práctica con una mejor preparación y asimilación de conceptos, lo que da lugar a un mayor aprovechamiento de la misma.

REFERENCIAS

1. E.F. Redish, *Teaching Physics,* John Wiley & Sons (2003).

Parte IV

Trabajos Experimentales

EXPERIMENTOS DE BAJO COSTE EN ÓPTICA COMO HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE ACTIVO

Pedro M. Mejías Arias, Rosario Martínez Herrero,
Julio Serna Galán, Gemma Piquero Sanz
Departamento de Óptica, Facultad de Ciencias Físicas
Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid
pmmejias@fis.ucm.es, www.ucm.es/info/goptic

La experimentación forma parte integral de la enseñanza de las Ciencias, pero no debe quedar limitada a la que se realiza en aulas o en aulas-laboratorio. Los autores, docentes e investigadores en el campo de la Óptica, han recopilado y desarrollado un número elevado de experiencias de Óptica que pueden realizarse en el aula y también en casa, al estar basadas en elementos sencillos, perfectamente accesibles, de bajo coste y, en muchos casos, vinculados a la vida cotidiana. Hasta el momento, los resultados han sido recogidos en diversos libros y artículos de divulgación.

1. INTRODUCCIÓN

Tras el denominado *Proceso de Bolonia*, con el que se pretende homogeneizar y homologar contenidos y estudios universitarios en los diferentes países, el énfasis de la Educación universitaria parece centrarse en el llamado “aprendizaje activo” que, a nivel universitario, está asociado a los créditos ECTS. En diversos ámbitos se han señalado diversas estrategias educativas dentro de lo que se ha denominado *innovación educativa*. Conviene resaltar a este respecto que, en la mayoría de los casos, dichas estrategias eran bien conocidas en la práctica docente y han podido ser aplicadas, cuando menos a escala universitaria, por cualquier profesor con voluntad de hacerlo. En concreto, los autores de este trabajo vienen utilizando y desarrollando desde hace tiempo, entre otros, los siguientes recursos didácticos:

- Clase magistral participativa (teoría y problemas), con preguntas, debate y trabajo en grupos.
- Presentaciones orales o mediante trabajos escritos de experimentos, problemas y temas.
- Autoaprendizaje y autoevaluación.
- Experimentos realizados y discutidos en clase, en el laboratorio y propuestos para ser realizados por el alumno en casa (1–11), con elaboración de Memoria.

Es precisamente sobre este último recurso docente, la experimentación, sobre el que se centra la atención del presente trabajo.

En los diferentes niveles educativos, desde la Enseñanza Primaria hasta la Universidad, la experimentación desempeña un papel esencial en el estímulo y aprendizaje de las Ciencias. Sin embargo, en muchas ocasiones, los recursos experimentales didácticos no son suficientes, y se orientan generalmente hacia un

"lugar especial" denominado laboratorio. Por otra parte, las prácticas, por necesidades de espacio, medios o número de alumnos, se realizan a menudo en periodos de tiempo separados del momento de la impartición en el aula de los correspondientes contenidos teóricos.

Teniendo esto en cuenta, una forma simple de aumentar la experimentalidad en las materias de Ciencias consiste en proponer y llevar a cabo diversas experiencias cualitativas y cuantitativas que ilustren fenómenos y leyes tratados en clase, empleando materiales de uso corriente en la vida cotidiana o que puedan ser adquiridos fácilmente a precios muy reducidos. Con esta idea, se ha elaborado el material que se muestra en el siguiente apartado.

2. MATERIAL ELABORADO

A partir de la experiencia acumulada durante años, nuestro grupo de investigación ha reunido y desarrollado más de 60 experimentos de Óptica sencillos y de bajo coste (6). Las experiencias pueden ser realizadas en el aula o en casa, y han sido diseñadas de modo que sólo se necesitan materiales baratos y fáciles de encontrar. Nuestros objetivos han sido:

- presentar una manera agradable y divertida de aprender Óptica,
- ofrecer recursos didácticos adecuados para ser usados en el aula,
- estimular la curiosidad científica de los estudiantes en este campo,
- crear interés en la observación del mundo físico que nos rodea.

Esta compilación de experimentos se dirige en primer lugar a los estudiantes universitarios de los primeros cursos. En éstos, los programas universitarios incluyen usualmente las bases teóricas necesarias para comprender cada uno de los experimentos de un modo riguroso y detallado. No obstante, la mayoría de las experiencias también pueden ser adecuadas en Educación Secundaria. En ese caso, la supervisión del profesor será importante, especialmente para facilitar los conocimientos previos adecuados. En cualquier caso, la colección también está dirigida a cualquier persona que se interese por la Óptica.

Los experimentos han sido clasificados en dos grandes secciones, Óptica Geométrica y Óptica Física, siguiendo la división usual de los cursos de Óptica. En la sección de Óptica Geométrica se consideran experiencias sobre propagación rectilínea e independencia de los rayos de luz, leyes de la reflexión, reflexión total interna, ley de *Snell*, propagación en medios inhomogéneos, lentes, espejos, índice de refracción, limitación de rayos, aberraciones, instrumentos formadores de imagen y fotometría. En la sección de Óptica Física se han incluido experimentos de dispersión, absorción, esparcimiento, polarización, birrefringencia, dicroismo, actividad óptica, interferencia y difracción.

Cada experimento incluye un título seguido de una lista con los materiales que se necesitan, una breve explicación sobre cómo proceder y dibujos sencillos ilustrativos. Las explicaciones teóricas las aporta la bibliografía recomendada y, por supuesto, el propio profesor, dependiendo del nivel educativo en el que se use el experimento. Por

último, también se indica en el texto cómo comprar, preparar o utilizar determinados materiales.

3. EJEMPLOS DE EXPERIMENTOS

A título ilustrativo, se muestran dos experimentos. Hay que destacar, además, que la primera de las experiencias seleccionadas permite obtener resultados cuantitativos y no solo cualitativos.

3.1. Medida del índice de refracción del agua

Materiales: cubeta con agua, regla opaca con la marcación nítida y cartulina.

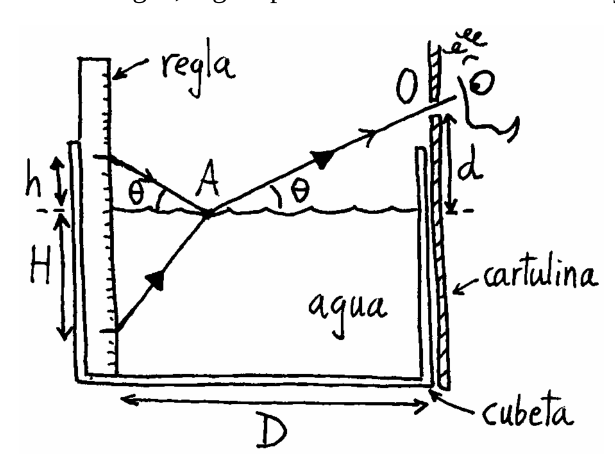


Figura 1. Dispositivo para la determinación del índice de refracción del agua.

Colocamos la regla verticalmente en el interior de la cubeta y situamos la cartulina agujereada en la posición indicada en la figura. A través del orificio O, observando en la dirección OA veremos bajo el agua dos escalas superpuestas: una corresponde a la parte de arriba de la regla, reflejada en la superficie, y la otra a la parte de abajo, vista a través del agua (refractada). Podemos lograr que la claridad con la que se ven ambas escalas sea similar disminuyendo el ángulo de observación θ. Una vez conseguido esto, anotamos dos divisiones coincidentes (que veamos superpuestas), una de la escala reflejada y otra de la refractada, deduciendo a partir de ellas los valores de *h* y *H* (ver figura). El índice de refracción del agua en el rango espectral visible vendrá dado por la expresión

$$n = \sqrt{\frac{H^2 (d+h)^2 + h^2 D^2}{h^2 (d+h)^2 + h^2 D^2}},$$

donde las distancias *D* y *d* son las indicadas en la Figura 1. Esta expresión se obtiene mediante la aplicación de las leyes de la reflexión y la refracción tras algunos cálculos trigonométricos sencillos.

3.2. Trayectorias de la luz en una disolución de agua y azúcar

Materiales: puntero láser (puede conseguirse en tiendas de fotografía, decomisos, bazares, etc., a precios que oscilan entre los 5 y los 20 €), cubeta de paredes transparentes, azúcar, agua y embudo.

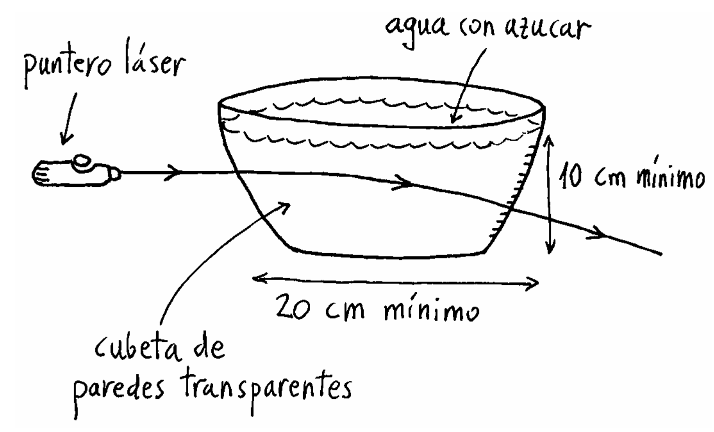


Figura 2. Dispositivo para el estudio de la trayectoria de la luz en disolución de azúcar en agua.

Llena la cubeta con una cierta cantidad de agua hasta que alcance un nivel de, al menos, 5 cm desde el fondo y, después, vierte sobre ella el mismo volumen de una disolución previamente preparada de azúcar y agua a razón de 0'5 gramos/mililitro, utilizando para ello un embudo con el tubo suficientemente largo apoyándose sobre el fondo. Esta solución debe echarse lentamente, y así quedará en el fondo de la cubeta agua con azúcar y en la parte superior prácticamente agua pura. Si el cambio entre la zona de agua pura y de agua con azúcar es demasiado brusco, deberás remover ligeramente la zona de frontera para obtener una variación más suave del índice de refracción. Así habrás creado un medio inhomogéneo estratificado cuyo índice de refracción disminuye conforme nos elevamos del fondo de la cubeta. Si ahora haces incidir el haz láser procedente del puntero sobre una de las paredes laterales, observarás que la trayectoria se curva como se muestra en la Figura 2, en lugar de mantenerse recta como correspondería a un medio homogéneo (agua sin azúcar).

4. RESULTADOS

Los experimentos recopilados y desarrollados por nuestro grupo han sido utilizados con éxito como estrategia educativa en varios cursos de Óptica de nivel

universitario, tanto como material para tareas en casa y ejercicios a entregar como en la propia clase. Han sido además mostrados en diversas exhibiciones y ferias, con presentaciones en las ediciones de varios años en la Semana de la Ciencia de Madrid y de la Feria Madrid por la Ciencia, así como en algún Instituto y en la pasada Feria del Libro. Por último, tal y como ya se ha señalado anteriormente, las experiencias se han recogido en un libro (6) orientado a niveles de Bachillerato y Universidad, y se han publicado dos libros dirigidos a niños de más de doce años, que han sido editados por la editorial Nivola (10,11).

AGRADECIMIENTO

Parte de los resultados de este trabajo se entroncan en un Proyecto de Innovación Educativa financiado por la Universidad Complutense de Madrid.

REFERENCIAS

1. P. M. Mejías, R. Martínez-Herrero, R. Cid, *Enseñanza de las Ciencias*, **1989**, Vol. especial, 264.
2. P. M. Mejías, en *Apparatus for Teaching Physics*, K. C. Mamola (ed.), 207, American Association of Physics Teachers (1998).
3. J. Serna, G. Piquero, *European Journal of Physics*, **2002**, Vol. 23, 465.
4. J. Serna, G. Piquero, en *II Feria Madrid por la Ciencia*, 162, Comunidad de Madrid/Ediciones SM, Madrid (2001).
5. G. Piquero, J. Serna, R. Martínez-Herrero, P. M. Mejías, en *XXIX Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física*, Madrid (2003).
6. P. M. Mejías, R. Martínez-Herrero, J. Serna, G. Piquero, *Experimentos de bajo coste en Óptica*, ISBN 84-89456-24-0, Madrid (2004).
7. R. Martínez-Herrero, P. M. Mejías, J. Serna, en *V Feria Madrid por la Ciencia*, 228, Comunidad de Madrid y Ediciones SM, Madrid (2004).
8. http://www.ucm.es/info/expoptic/
9. G. Piquero, J. Vargas-Balbuena, *European Journal of Physics*, **2004**, Vol. 25, 793.
10. P. M. Mejías, R. Martínez-Herrero, J. Serna, G. Piquero, *Jugando con la luz: óptica práctica para curiosos*, Nivola Libros y Ediciones, Madrid (2005).
11. P. M. Mejías, R. Martínez-Herrero, J. Serna, G. Piquero, *Jugando con la luz 2: óptica práctica para curiosos*, Nivola Libros y Ediciones, Madrid (2006).

EL EXPERIMENTO DE REYNOLDS: LA DESCRIPCIÓN EMPÍRICA SIMPLE DE UN FENÓMENO COMPLEJO

Javier Jiménez Fernández, Agustín García Llama
Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica, E.T.S.I. Industriales
José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid
jajimenez@etsii.upm.es

En este trabajo se presenta una réplica del célebre experimento de O. Reynolds de 1883 que permite ilustrar, de forma sencilla y didáctica, uno de los problemas más complejos de la Mecánica de fluidos: la transición de flujo laminar a flujo turbulento.

1. INTRODUCCIÓN

En 1883, se publicaron los resultados de una serie de experimentos de O. Reynolds (1) que ponían de manifiesto la existencia de dos tipos de movimiento de un fluido: movimiento laminar y movimiento turbulento. Dichos experimentos, que sorprenden por su extraordinaria sencillez, describen, sin embargo, uno de los fenómenos más complejos de la mecánica de fluidos (2).

Los movimientos de líquidos y gases generalmente observados en la naturaleza, como las corrientes de agua en un río o los desplazamientos del aire en la atmósfera, son movimientos turbulentos, movimientos de una enorme complejidad en los que se producen variaciones muy rápidas de los valores locales de la velocidad. Por el contrario, los movimientos laminares, como el flujo de la sangre en los capilares sanguíneos, son movimientos ordenados con perfiles de velocidad sencillos y que, en algunos casos excepcionales, corresponden a soluciones analíticas de las ecuaciones del movimiento. Entre ambos flujos se generan otros denominados de transición, en los que se produce la evolución y crecimiento de perturbaciones. Toda esta fenomenología se puso de manifiesto en los experimentos de Reynolds que, en síntesis, se basan en la observación de la evolución de un chorro de colorante introducido en la sección de entrada de un tubo sumergido en un depósito por el que se produce la descarga (véase la Figura 1). Si el flujo es laminar, se observa una línea continua de colorante a lo largo del tubo tal y como se ilustra en las Figuras 2 y 3. Cuando el flujo es turbulento, el colorante no es observable ya que se mezcla totalmente con el agua. En la transición, se hace visible la presencia de torbellinos que crecen a lo largo del tubo (Figura 4).

Uno de los resultados empíricos mas importantes obtenido por Reynolds, es que la transición de flujo laminar a flujo turbulento se produce para un determinado valor de un parámetro sin dimensiones que hoy denominamos “Número de Reynolds” y que se define mediante la expresión:

$$Re = \rho UD/\mu \qquad [1]$$

donde ρ es la densidad, U la velocidad media, D es el diámetro del tubo y μ es la viscosidad dinámica del fluido.

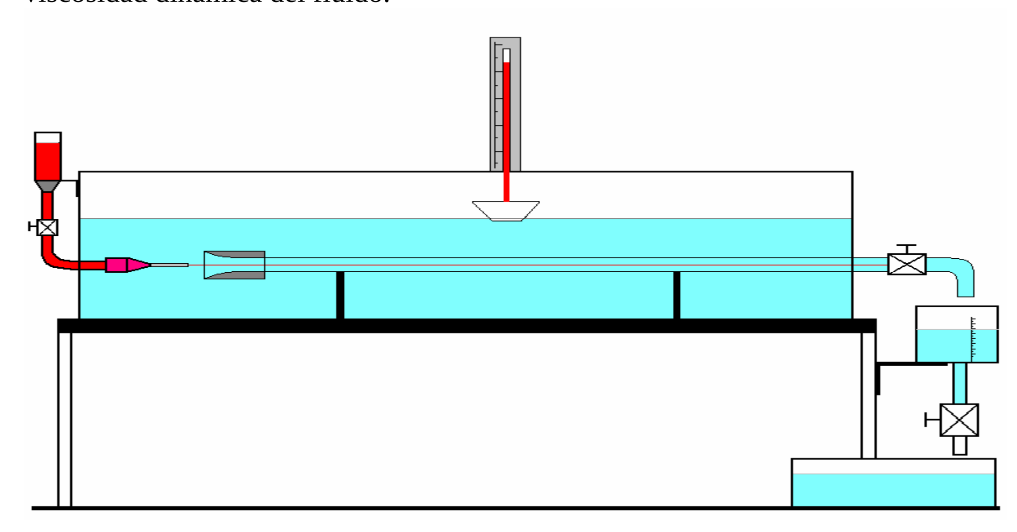


Figura 1. Dispositivo experimental propuesto para el experimento de Reynolds.

En condiciones habituales, flujos turbulentos en un tubo aparecen para números de Reynolds en torno a 2000 ó 2300, cifras citadas con frecuencia en los libros de Hidráulica como valores críticos para la transición. Si se tiene en cuenta que el agua y los gases tienen valores muy bajos de la viscosidad, no es de extrañar que flujos laminares sean difícilmente observables en la vida cotidiana. Por ejemplo, para obtener un valor de Re inferior a 2000 en un tubo con un diámetro D = 1 cm, por el que circule agua (μ = 1 cP) deberíamos reducir la velocidad del agua en el tubo a valores del orden de $U \approx 0.2$ m/s, es decir, un caudal de $1{,}6 \cdot 10^{-5}\ m^3/s$. Debe señalarse, sin embargo, que esos valores críticos corresponden a situaciones reales donde el flujo laminar se ve afectado por perturbaciones de todo tipo. Flujos laminares en un conducto de sección circular pueden ser observados, sin embargo, para valores de Re muy superiores a los ya citados como críticos para la transición. En principio, dicha transición podría incluso no producirse si fuésemos capaces de eliminar cualquier perturbación de amplitud finita. En experimentos muy refinados se han alcanzado valores de Reynolds del orden de 100.000 (3) y el propio Reynolds, con todas las limitaciones propias de su época, llegó a observar régimen laminar para números de Reynolds del orden de 13.000. En otros términos, para que se produzca la transición a turbulencia es preciso, no sólo que el número de Reynolds sea superior a un cierto valor crítico, sino además, que en la corriente aparezcan perturbaciones de amplitud suficientemente grande. Se ha mostrado en trabajos experimentales recientemente publicados (4) que la amplitud de la perturbación requerida para disparar la transición a turbulencia debe ser del orden: O (1/Re).

En este trabajo presentamos una réplica de aquel experimento de Reynolds de 1883, que permite visualizar tanto el flujo laminar en un conducto de sección circular, como el crecimiento de torbellinos en la transición de flujo laminar a flujo turbulento de forma sencilla y fácilmente reproducible.

Se trata de un dispositivo de muy bajo coste, en cuyo proceso de medida no se requiere de ningún mecanismo sofisticado. Todo lo que se precisa es agua, colorante, un vaso graduado y un cronómetro.

2. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

El dispositivo es prácticamente una reproducción del diseñado por Reynolds, aunque de dimensiones algo más reducidas. El depósito desde el que se produce la descarga es de sección rectangular (1250x295) y el tubo utilizado tiene una longitud de 1115 mm y un diámetro de 7 mm. Los detalles pueden ser observados en el esquema mostrado en la Figura 1. La descarga se produce a través del tubo de vidrio con un caudal que puede controlarse variando el nivel libre del agua en el depósito. Una medida del caudal de descarga mediante un vaso graduado y un cronómetro, permite la determinación de la velocidad media en el tubo y en consecuencia del número de Reynolds, conforme a la expresión [1]. El proceso de medida de caudal es lo suficientemente breve para que en dicho proceso no se produzcan variaciones significativas del nivel libre, aunque este podría mantenerse constante con una alimentación exterior. Determinado el caudal, y por lo tanto el número de Reynolds correspondiente a cada valor del nivel libre, es posible estimar el valor crítico para el que se produce la transición.

Un elemento esencial en nuestro experimento, es la tobera ajustable a la sección de entrada (véase el esquema de la Figura 1 y la Figura 3). La tobera permite eliminar las perturbaciones a la entrada responsables de la pérdida de estabilidad del flujo laminar y hacer observables flujos de este tipo para números de Reynolds muy superiores a los tomados habitualmente como críticos.

3. RESULTADOS

El objetivo de nuestro experimento es ilustrar la transición a turbulencia en un conducto de sección circular y demostrar de forma empírica que ésta se produce por el crecimiento de perturbaciones de amplitud finita que se generan fundamentalmente en la región de entrada al tubo. Mediante el dispositivo experimental descrito, se han podido obtener los resultados siguientes:

i) Si la descarga se produce con una sección de entrada brusca (en ausencia de la tobera) la transición a turbulencia se observa de forma análoga a como se describe habitualmente, es decir, para números de Reynolds del orden de 2000 (véase la Figura 4).

ii) Si la descarga se produce con una sección de entrada perfilada, es decir, insertando la tobera, es posible observar régimen laminar para números de Reynolds del orden de 5000.

iii) El efecto de la tobera se hace evidente comparando el comportamiento del flujo en el tubo con o sin tobera para un mismo valor del número de Reynolds, como puede observarse en las Figuras 3 y 4, donde se ilustra esta comparación para Re=2000.

4. CONCLUSIÓN

El experimento que aquí se propone es sencillo y de muy bajo coste. Sin embargo, permite poner de manifiesto resultados experimentales sobre estabilidad hidrodinámica y transición a turbulencia que no son fácilmente observables con otros dispositivos semejantes.



Figura 2. Flujo laminar en un tubo de sección circular. El colorante inyectado en la sección de entrada genera una línea continua a lo largo del tubo.

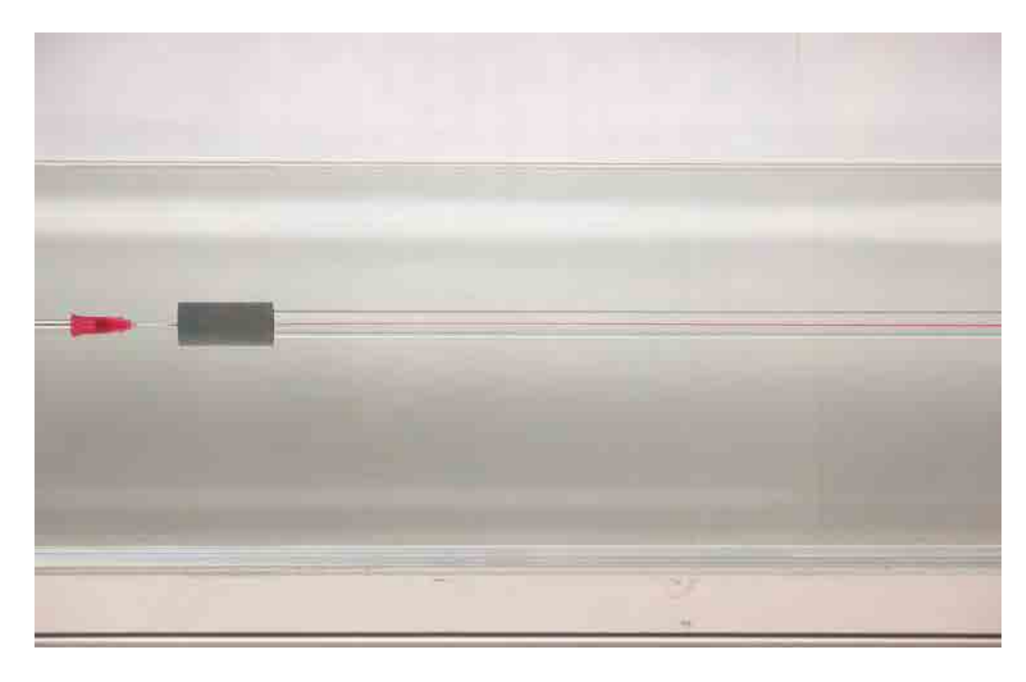


Figura 3. Flujo laminar para Re=2000.

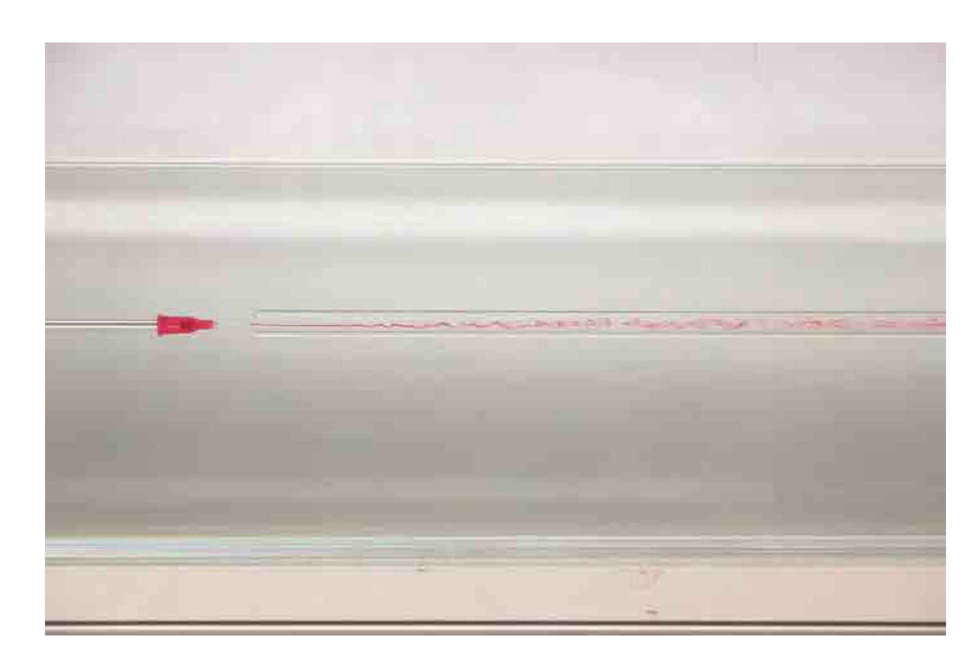


Figura 4. Transición a turbulencia para Re=2000.

REFERENCIAS

1. O. Reynolds, An experimental investigation of the circumstances which determine whether the motion of water shall be direct or sinuous, and the law of resistence in parallel channels, *Proc. R. Soc. London,* **1883**, A 35, 84.
2. H. Tennekes, J. L. Lumley, *A First Course in Turbulence*, The MIT Press, Cambridge (1972).
3. W. Pfenninger, in *Boundary Layer and Flow Control*, G. V. Lachman (Ed.), Pergamon, New-York (1961).
4. B. Hof, A. Juel, T. Mullin, Scaling of the Turbulence Transition Threshold in a Pipe, *Phys. Rev. Lett.*, **2003**, 91 (24).

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA ENTRE UNIVERSIDAD Y EDUCACIÓN SECUNDARIA PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE DE QUÍMICA

Carmen Valdez Gauthier [a]**, *Cheryl Pierce*** [b]
[a] Florida Southern College, 111 Lake Hollingsworth Drive, Lakeland
FL 33801, Estados Unidos
[b] Lakeland High School, 726 Hollingsworth Drive, FL 33801, Estados Unidos
cgauthier@flsouthern.edu, cheryl.pierce@polk-fl.net.

La experimentación en Química, a nivel Secundario, está muy restringida debido al riesgo que implica el uso de muchos reactivos y a la falta de instrumentación electrónica empleada en laboratorios modernos de Química. Florida Southern College (FSC) reconoce este problema y por ello ha establecido un programa de colaboración con la Escuela Lakeland High School (LHS), mediante el cual se introduce a estudiantes de nivel de Secundaria a laboratorios de nivel universitario. Los estudiantes que participan en este programa visitan FSC una vez al mes y realizan experimentos que no pueden ser llevados a cabo en su institución. Adicionalmente, esta colaboración permite fomentar un aprendizaje más profundo de la Química en los estudiantes universitarios que participan como mentores en este programa.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha habido una gran preocupación por la poca preparación científica y tecnológica que muestran muchos estudiantes en los grados 1-12 de los colegios en EEUU, además de su poco interés para estudiar carreras de Ciencias y tecnología (1). Por ese motivo, muchas organizaciones profesionales, Universidades, Museos de Ciencia y Tecnología y Escuelas de educación Secundaria han iniciado programas de colaboración, con el propósito de promover el interés por la Ciencia y Tecnología, así como el de atraer a los estudiantes de Secundaria hacia las carreras universitarias relacionadas con estas áreas (2). Algunos de los programas desarrollados son: programas de enriquecimiento en Museos de Ciencia y Tecnología (3); entrevistas con científicos que son difundidas a través del *Internet* o medios de comunicación, como son la televisión y la prensa (4); unidades móviles equipadas con instrumentación usada en laboratorios modernos de Química y, programas para estudiantes pre-universitarios en las universidades (5). Nosotros pensamos que una meta significativa para promover y avanzar en el aprendizaje de la Química es fomentar la colaboración entre Universidades y Escuelas Secundarias.

En el verano del 2005 los autores de este trabajo decidieron implementar un programa de colaboración entre el Departamento de Química de FSC y el Departamento de Ciencias de LHS. El propósito de esta colaboración fue brindarles a los estudiantes de LHS la oportunidad de realizar trabajo de laboratorio en un

ambiente universitario. Las razones por las cuales se eligió este colegio fueron: proximidad a FSC, diversidad demográfica (40,0 % de los estudiantes descienden de grupos minoritarios (latinos, negros, y multi-racial)), y diversidad socio-económica (34,0 % de los estudiantes vienen de un nivel económico bajo). Si queremos incrementar el número de estudiantes interesados en Ciencia y Tecnología, es imperativo que haya un esfuerzo de trabajo con estudiantes que aún no tienen representación significativa en estas áreas.

Los estudiantes participantes pertenecían al programa "*Honors*". El currículo del programa *Honors* establece que los estudiantes cursen la asignatura de Biología en el 9º grado, Química I en el 10º grado, Química II o Física en el 11º grado, y Química avanzada (AP química) o Biología o Física avanzada en el 12º grado. Los estudiantes que llevan los cursos avanzados, al final del año realizan un examen a nivel nacional preparado por el *College Board*; aquellos estudiantes que aprueban reciben crédito por el primer año de la materia a nivel universitario. Sin embargo, estos estudiantes están en desventaja frente a los pares que toman el primer año de Ciencias en la Universidad, en particular en Química, ya que ellos no tienen acceso a la instrumentación electrónica y programas modernos de computación que se encuentran actualmente en las Universidades.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

Los objetivos del programa fueron los siguientes:

- Enriquecer el aprendizaje de Química mediante el uso de instrumentación moderna y programas de computación en Química.
- Familiarizar a los estudiantes con las oportunidades que brinda la Química y despertarles el interés para segur una carrera en Ciencias.
- Desarrollar habilidades de liderazgo en estudiantes universitarios.
- Brindar a los profesores de Secundaria la oportunidad de aprender nuevas técnicas de laboratorio, que tal vez no estuvieron presentes en su formación profesional.
- Tener un acercamiento y establecer una colaboración con estudiantes y maestros de la comunidad.

2.1. Formato del programa

El programa se inició en el otoño del 2005. Consistió de seis laboratorios, tres fueron realizados en el otoño y tres en la primavera de ese año. Se eligió ofrecer estos laboratorios el último viernes del mes, para evitar conflictos de horario y tener libre acceso a la instrumentación y programas de computación en el Departamento. Los tópicos abordados en los laboratorios están indicados en la Tabla, posteriormente se describirán con más detalle. Cabe resaltar que estos laboratorios son los mismos que nuestros estudiantes universitarios realizan en el primer año de Química.

Tabla 1. Tópicos de laboratorio.

TÓPICO	LABORATORIO	INSTRUMENTACIÓN /TÉCNICA
Enlace químico y geometría molecular	Modelación Molecular: Uso de *CAChe*	Programa de computación *CAChe*
Síntesis de compuestos orgánicos y estequiometría	Síntesis de aspirina	FT-IR, programa de computación *CAChe*, balanzas analíticas y aparato de *MeltTemp*
Análisis de fosfatos en agua	¿Quién mató al hombre de negocios?	UV-Vis, *Spec 20*
Nanotecnología	Síntesis de ferro fluidos	Balanzas analíticas
Análisis de agua: nitratos, fosfatos, oxígeno, dióxido de carbono, y pH	¿Cuál es el efecto de un pantano artificial en la calidad de agua en el lago?	pH-metro, electrodos de iones selectivos y uso de *Excel* en el análisis de sustancias disueltas en el agua.
Pilas de combustible	Energía producida por gases en vez de gasolina	Uso de la Química verde, construcción de celdas electrolíticas, voltímetros y amperímetros

Se seleccionaron diez estudiantes de segundo a cuarto año de Universidad para que se desempeñen como asistentes de laboratorio. De estos diez, se escogieron dos estudiantes que asumieron el rol de líderes; su responsabilidad era coordinar el número de asistentes de laboratorio necesario para cada experimento, asegurarse que los instrumentos estaban operando adecuadamente y preparar los reactivos que se iban a utilizar en el laboratorio. Ambos estudiantes habían participado en el programa de investigación de verano de la Universidad. Los estudiantes se reunían con el profesor universitario (CVG) una semana antes del laboratorio para revisar los conceptos discutidos en el experimento, practicar las instrucciones que se iban a dar a los estudiantes y conducir el laboratorio para asegurarse que las instrucciones y materiales del laboratorio eran óptimos.

La selección de los estudiantes de Secundaria se hizo a través de un cuestionario que se envió a la Jefa del Departamento de Ciencias del colegio LHS. Más de treinta alumnos respondieron al cuestionario, de los cuales dieciséis fueron elegidos con la ayuda de la Jefa del Departamento y los estudiantes universitarios. El grupo estaba formado por siete mujeres y nueve hombres.

Los estudiantes trabajaron en pares. En el ciclo de otoño, el formato que se siguió fue muy similar al que usamos en la Universidad; es decir, una vez que los estudiantes llegaban al laboratorio, uno de los estudiantes universitarios les presentaba una clase

magistral en la cual se les presentaba los objetivos del experimento, se les enseñaba el manejo del equipo que iban a usar y se repasaba las reglas de conducta del laboratorio. Al final del ciclo, los estudiantes secundarios participantes fueron evaluados, con el fin de identificar posibles modificaciones al formato de laboratorio. Sobre la base de esta evaluación, se modificó el formato durante el ciclo de primavera. En este segundo ciclo los estudiantes trabajaron en grupos de cuatro y eran guiados por un estudiante universitario. El líder del grupo (el estudiante universitario) les enseñaba las técnicas que iban a usar en el experimento y facilitaba la discusión del grupo.

2.2. Descripción de los experimentos:

Modelación Molecular – Uso de CAChe (6): *CAChe* es un programa de modelación molecular, que permite a los estudiantes visualizar la geometría tridimensional de las moléculas, determinar la distancia del enlace químico, el ángulo en la geometría de las moléculas, predecir si la molécula es polar, calcular los orbitales moleculares, simular el espectro infrarrojo y predecir el tipo de enlace responsable por la absorción en el infrarrojo, entre otras cuestiones.

En este experimento, los estudiantes recibieron una lista de moléculas y se les pidió que escribieran la fórmula Lewis y determinaran los ángulos aproximados de cada geometría molecular, usando el modelo VSEPR. Las moléculas asignadas fueron: H_2, H_2O, Cl_2O, CH_3Cl, CH_2Cl_2, $CHCl_3$, CCl_4, CH_3OH, HCHO, C_2H_6, C_2H_4, C_2H_2, SF_4, $AsBr_5$. Los estudiantes construyeron las estructuras moleculares en *CAChe* y optimizaron los cálculos, lo cual les permitió determinar la distancia del enlace químico y los ángulos en la molécula. Luego compararon sus resultados con los predichos por el modelo VSEPR y discutieron en grupo las ventajas y desventajas del método computacional y el modelo VSEPR.

Síntesis de aspirina (7): El objetivo de este experimento fue poner en práctica el concepto de reactivo limitante en la reacción de ácido salicílico y anhídrido acético en presencia de ácido fosfórico. La síntesis es llevada a cabo a nivel de microescala. Una vez que la aspirina es aislada y purificada, se calcula el porcentaje de rendimiento. La síntesis orgánica es una de las áreas que casi no se explora a nivel secundario y, si se hace, éste es el último paso del laboratorio. En esta experiencia los estudiantes tuvieron que caracterizar la aspirina usando el punto de fusión y la espectroscopía infrarroja. Finalmente, cada grupo construyó la molécula de aspirina usando el programa *CAChe* y calcularon el espectro infrarrojo, lo cual les permitió asignar las absorciones en el IR a los diferentes grupos funcionales presentes en la molécula de aspirina, así como "visualizar" el enlace químico en moléculas.

¿Quién mató al hombre de negocios? (8): El desafío de este experimento es determinar quién es responsable por la muerte de un hombre de negocios a través del análisis cuantitativo de fosfatos en agua. Los estudiantes recibieron cuatro muestras

de agua que pertenecían a los supuestos asesinos y una muestra de agua proveniente del hombre de negocios. La cantidad de fosfatos en agua se determinó usando el espectrofotómetro de UV-Vis.

Las muestras de agua son tratadas con cloruro de estaño(II) y molibdato de amonio para formar el complejo fosfo-molibdato, el cual muestra una absorción a 650 nm. En este experimento los estudiantes tuvieron la oportunidad de discutir reacciones redox, preparar soluciones estándar, construir curvas de calibración, y determinar la concentración de fosfatos en agua usando la ley de *Beer*. Basados en el análisis de fosfatos, los estudiantes pudieron identificar quién fue el responsable de la muerte del hombre de negocios.

Síntesis de ferrofluidos (9): En este experimento los estudiantes fueron introducidos al área de Nanotecnología, una de las áreas que tiene muy poca aplicación en el nivel pre-universitario. En este laboratorio se usó el método guiado de indagación propia, en el cual los estudiantes sintetizaron partículas de dimensiones de 10-100 nm y exploraron las características de un ferrofluido, usando materiales magnéticos de Neodimio. Adicionalmente, esta experiencia permitió discutir la importancia de la Nanotecnología en Música, Medicina y el programa espacial de la NASA.

¿Cuál es el efecto de un pantano artificial en la calidad de agua en el lago?: El objetivo de este experimento fue introducir a los estudiantes en la determinación cuantitativa de nitratos, fosfatos, oxígeno y dióxido de carbono, usando el método del electrodo de ion-selectivo y el espectrofotómetro. Usando soluciones estándar y curvas de calibración, pudieron determinar la cantidad de estos iones y moléculas en el agua. Los resultados experimentales fueron comparados a los resultados publicados en la literatura.

Energía producida por gases en vez de gasolina (10): El objetivo de este experimento fue introducir a los estudiantes a los principios fundamentales de la Química verde y a diseñar una pila de combustible usando productos caseros, como son el vinagre, la sal de *Epsom* y bicarbonato sódico. Los estudiantes también tuvieron la oportunidad de indagar la diferencia entre una celda electrolítica y una celda voltaica.

2.3. Evaluación del programa

La experiencia fue evaluada por medio de un cuestionario de cinco preguntas, que fue respondido por los estudiantes de Secundaria participantes del programa, al término de éste. Las preguntas formuladas fueron:

Pregunta nº. 1 ¿Cómo evalúa usted la experiencia general? ¿Cree Ud. que le ha de servir mucho?

La respuesta unánime fue que la experiencia fue muy positiva. El 50 % de los estudiantes expresaron que a raíz de esta experiencia ellos pensaban cursar más cursos de Química en la Universidad.

Pregunta nº. 2 ¿Cuál fue la mejor parte de la experiencia?

Para algunos fue la oportunidad de trabajar con estudiantes universitarios y de trabajar con instrumentos que no están a su alcance en el Colegio; mientras que para otros fue el tipo de experimentos realizados. Entre los experimentos que los estudiantes percibieron como los más interesantes estuvieron el laboratorio en Nanotecnología, la síntesis de aspirina y el laboratorio de Química forense.

Pregunta nº. 3 ¿Cuál fue la peor parte de la experiencia?

El laboratorio que menos les gustó fue el laboratorio de pilas de combustible. La mayoría de los estudiantes sugirieron que se ofrezcan más laboratorios.

Pregunta nº. 4 ¿Cómo evalúa las instrucciones para ejecutar los experimentos?

En general, las respuestas indicaron que las instrucciones fueron claras, con excepción del laboratorio de pilas. Algunos de los estudiantes sugirieron que las instrucciones sean mas especificas, especialmente aquellas en las que se tenía que decidir qué datos tomar y cómo expresar sus resultados.

Pregunta nº. 5 ¿Cómo podemos mejorar esta experiencia?

Las sugerencias fueron, añadir laboratorios donde haya reacciones interesantes como la de ferrofluidos, publicar un manual de laboratorio y brindar más oportunidades para visitar la Universidad y utilizar otros instrumentos.

Posteriormente, basándose en los resultados a las preguntas formuladas, la profesora de la Escuela tuvo una entrevista con los estudiantes y podemos afirmar que ellos sienten que, gracias a está experiencia, pueden tener éxito en cursos universitarios de Ciencias y Tecnología, así como en trabajos de laboratorio. Por otro lado, comprobaron que hay una conexión entre las materias que estudian a nivel de Secundara con los cursos universitarios. Finalmente, ganaron confianza en su capacidad de comunicar sus conceptos de Química, ya que tuvieron la oportunidad de hacerlo con los estudiantes universitarios.

Por otro lado, los estudiantes universitarios desarrollaron sus capacidades de liderazgo, de mentores de estudiantes más jóvenes y sus habilidades de comunicación oral. Esta experiencia también les permitió evaluar sus conocimientos de Química General, ya que para poder enseñar hay que tener un entendimiento muy claro de la materia. Dos de los estudiantes que participaron en este programa se encuentran en la Escuela de graduados y aseguran que la participación en este programa les ha ayudado significativamente a ser mejores jefes de laboratorio.

Otro beneficio de esta experiencia fue la selección de LHS, como una de las doce Escuelas seleccionadas por la Sociedad Americana de Química, para iniciar un

programa piloto de Clubes de Química, a nivel preuniversitario en los Estados Unidos (11). Gracias a la experiencia positiva que los estudiantes de LHS tuvieron con los estudiantes de FSC, los primeros decidieron ser mentores de niños de nivel primario.

Los miembros del Club de Química decidieron visitar escuelas primarias, festivales de niños y museos, para transmitir su entusiasmo por la química a través de demostraciones y pequeños "experimentos" que fueron llevados a cabo por los niños.

Debido a que la instrucción de Ciencia es muy limitada a nivel primario las maestras estuvieron muy interesadas en las actividades. Muchos de los niños dijeron "*nunca pensé que la Ciencia sea tan divertido,"* otros estudiantes dijeron *"voy a estudiar Química cuando vaya a la Escuela Secundaria."*

3. CONCLUSIONES

Este programa ha servido de nexo para dos grupos muy importantes en la educación en Ciencias: Universidades-Colegios. Los objetivos que nos trazamos cuando se implementó este programa fueron alcanzados, como se demuestra en la post-evaluación de los estudiantes de LHS. Los estudiantes universitarios incrementaron su conocimiento en ciertos tópicos de Química y ganaron experiencia en el desarrollo de sus habilidades de comunicación de ideas científicas a grupos que no están al mismo nivel de ellos. Ambos grupos descubrieron la importancia de tener un mentor, ya sea el profesor universitario, la maestra de Secundaria, un estudiante universitario o un estudiante de Secundaria. Para los estudiantes de nivel secundario, fue muy importante ver el entusiasmo de los jóvenes universitarios en la implementación de actividades científicas y aprender sobre carreras en Ciencias y el uso de instrumentación electrónica y programas de computación que no están a su disposición en las Escuelas secundarias.

Con este programa se ha creado una cascada de servicio a la comunidad: estudiantes universitarios enseñando Química a estudiantes de Secundaria, y estudiantes de Secundaria enseñando Ciencias a estudiantes de nivel primario. Estamos convencidos que este esfuerzo va a generar más interés en los estudiantes por estudiar ciencias.

AGRADECIMIENTO

CVG agradece el apoyo financiero de *Florida Southern College* (FSC) y de la Sociedad Americana de Química a través de la *Innovation Activity Grant*, los estudiantes del Club de Química de FSC. CP agradece la ayuda financiera de *Polk School District* a través del proyecto de aprendizaje a través del servicio a la comunidad.

REFERENCIAS

1. R.C. Atkinson, Science, **1990**, Vol. 248, 425-428. También en:

http://books.nap.edu/openbook.php?record_id=11463&page=225, accesible en marzo de 2007.
2. D.L. Wiseman, S.L. Stephanie, *Linking School-University Collaboration and K-12 Student Outcome*, AACTE Publication (2003).
3. R.G. Silberman, C. Trautman, S. Markel, *J. Chem. Educ*., **2004**, Vol. 81, 51-53; A. C. Payne, W. A. de Prophetis, A.B. Ellis, T.G. Derenne, G. Zenner, A.C. Crane, *J. Chem. Educ.*, **2005**, Vol. 82, 743-750.
4. Global Education Outreach: http://mediasite.oddl.fsu.edu/mediasite/Catalog/Front.aspx?cid=3bd4c40c-e410-4ba4-8594-5b9891cfeefd, accesible en abril de 2007.
5. S. J. Shapiro, *J. Chem. Educ.*, **1987**, Vol. 64, 324.
6. C. Wong, J. Currie, *Teaching with CAChe*, Ed. Fujitsu (2002).
7. J. Foster, R. Pike, Z. Szafran, *Microscale general chemistry laboratory*, Ed. John Wiley & Sons (1993)**.**
8. Peter Jeschofnig, http://faculty.coloradomtn.edu/jeschofnig/drowned.htm
9. P. Berger, N. Adelman, K. J. Beckman, D. J. Campbell, A. B. Ellis, *J. Chem. Educ*., **1999**, Vol. 76, 943-948.
10. K. Parent, http://www.chemistry.org/portal/resources/?id=c373e9f73c6fleb88f6a4fd8fe800100
11. L.E. Garrison, *J. Chem. Educ.*, **2006**, Vol. 83, 1123-1124.

DE COBRE A COBRE, SIN QUE TE FALTE NI TE SOBRE

José A. Murillo Pulgarín [a]***, Aurelia Alañón Molina*** [a]***, Luisa F. García Bermejo*** [a]***,***
Francisco Martín Alfonso [b]***, Paula Sánchez González*** [c]***, Francisco P. León Belén*** [d]

[a] Departamento de Química Analítica y Tecnología de Alimentos
Universidad de Castilla-La Mancha. Avda. Camilo José Cela, 10. 13004 Ciudad Real
[b] I.E.S. Azuer. Ctra. de La Solana, 77. 13200 Manzanares (Ciudad Real)
[c] I.E.S. Maestro Juan de Ávila, c/ Carlos López Bustos, 2. 13003 Ciudad Real
[d] I.E.S. Atenea. Avda. Puente Retama, 1. 13071 Ciudad Real
joseantonio.murillo@uclm.es

En esta comunicación se presenta una práctica de laboratorio dirigida a alumnos de Química de segundo curso de Bachillerato. En ella, se parte de cobre tomado de un cable eléctrico y, tras diferentes reacciones y operaciones de laboratorio, volvemos a obtener cobre, comprobando la ley de conservación de la materia. El proceso se realiza en varias etapas donde se aplican reacciones ácido-base, de oxidación-reducción, y de precipitación y solubilización. En cada reacción se produce al menos un fenómeno que sirve para comprobar que se está produciendo un cambio químico.

1. OBJETIVOS

Los objetivos principales que se plantean son:

- Poner de manifiesto el principio de conservación de la materia por medio de un ciclo de reacciones del cobre.
- Observar reacciones redox, ácido-base, de precipitación y redisolución.
- Realizar cálculos estequiométricos.

Material	**Reactivos**
Erlenmeyer de 100 mL	Disolución de ácido nítrico 6 M
2 vasos de precipitados de 100 mL	Disolución de hidróxido de sodio 6 M
Probeta de 10 mL	Disolución de ácido sulfúrico 3 M
Probeta de 50 mL	Cinc en polvo
Embudo cónico	Acetona
Aro y soporte para embudo	Cable de hilos de cobre
Vidrio de reloj pequeño	
Varilla fina de vidrio	
Trípode y rejilla	
Semiguante	
Lámpara de IR	

2. INTRODUCCIÓN

El cobre fue uno de los primeros metales aislados debido a su fácil preparación a partir de sus minerales. Se cree que el proceso de obtención ya era conocido en el año 4500 a.C. Es un metal dúctil, maleable y de fácil moldeado y alargado para usarlo como alambre, ornamentos y complementos de varios tipos. Sus aleaciones (bronce, latón) fueron descubiertas en la antigüedad y estaban entre las mercancías más importantes del comercio internacional. Es muy buen conductor del calor, la electricidad y es resistente a la corrosión. Es el segundo metal en importancia comercial después del hierro.

El cobre contribuye con el medio ambiente por ser un material cien por cien reciclable. El ion Cu(II) es un bactericida natural, por lo que no impacta en el medio contaminando o agregando contaminantes, siempre que no se excedan unas determinadas concentraciones. El sulfato de cobre se usa como fertilizante.

Los animales y los seres humanos necesitan cobre, que obtienen de los alimentos que ingieren. Es un oligoelemento, porque se necesita en mínimas cantidades.

En esta práctica, partimos de alambre de cobre de cable eléctrico y, después de varias reacciones químicas que implican equilibrios de oxidación-reducción, precipitación y ácido-base, volvemos a obtener el cobre en estado metálico. Puede comprobarse el principio de conservación de la masa pesando el alambre de cobre inicial y el cobre finalmente obtenido.

Las reacciones que tienen lugar son las siguientes:

$$Cu\ (s) + 4\ HNO_3\ (aq) \rightarrow Cu(NO_3)_2\ (aq) + 2\ NO_2\ (g) + 2\ H_2O\ (l)$$

$$Cu(NO_3)_2\ (aq) + 2\ NaOH\ (aq) \rightarrow Cu(OH)_2\ (s) + 2\ NaNO_3\ (aq)$$

$$Cu(OH)_2\ (s) \rightarrow CuO\ (s) + H_2O\ (l)$$

$$CuO\ (s) + H_2SO_4\ (aq) \rightarrow CuSO_4\ (aq) + H_2O\ (l)$$

$$CuSO_4\ (aq) + Zn\ (s) \rightarrow Cu\ (s) + ZnSO_4\ (aq)$$

La secuencia de reacciones pone claramente de manifiesto los diferentes compuestos que se forman, por la coloración característica que va apareciendo debido a cada uno de ellos.

3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El procedimiento experimental se resume en los siguientes párrafos.

Pelar un cable eléctrico y cortar los hilos de cobre, alrededor de 0,5 g (aproximadamente, el cobre de 2,5 cm de cable), añadiéndolos al erlenmeyer, que se encontrará en el plato de una balanza de 1 mg de precisión. Anotar la cantidad exacta de cobre añadido.

Añadir, en una vitrina de gases, 10 mL de HNO_3 6 M y calentar hasta ebullición, manteniendo a ebullición lenta hasta que dejen de desprenderse vapores pardos de dióxido de nitrógeno. Durante el proceso de calefacción, conviene agitar para evitar salpicaduras, debido a sobrecalentamientos locales, cogiendo la boca del erlenmeyer con el semiguante. Al final nos queda una disolución de color azul.

Enfriar hasta temperatura ambiente, sumergiendo el erlemeyer en agua y añadir 10 mL de NaOH 6 M. Se obtiene un precipitado azul intenso de hidróxido de cobre(II).

Calentar, con cuidado la suspensión hasta que adquiera un color negro (óxido de cobre(II)). Durante el proceso de calefacción, conviene agitar para evitar salpicaduras, debido a sobrecalentamientos locales, cogiendo la boca del erlenmeyer con el semiguante.

Enfriar igual que en el paso anterior y filtrar a través de un papel de filtro. Si queda algún resto adherido a las paredes del erlenmeyer, rascar con la varilla de vidrio arrastrando luego con agua. Desechar el líquido procedente del filtrado

Calentar, en un vaso de precipitado de 100 mL, 30 mL de H_2SO_4 3 M hasta casi ebullición. Añadirlo al papel de filtro que contiene el óxido de cobre(II) y recoger el líquido azul. Volver a pasar el mismo filtrado repetidas veces sobre el papel de filtro hasta que se haya disuelto todo el óxido (no quede ningún residuo negro en el papel). Enjuagar el papel, entonces, con unos pocos mL de agua para arrastrar la disolución de cobre(II) que queda retenida en el papel.

Enfriar el vaso de precipitado y añadir 2 g de cinc en polvo, previamente pesado en un vidrio de reloj. Se producirá un desprendimiento gaseoso y aparecerá un precipitado rojizo de cobre metal pasando la disolución sobrenadante de color azul a incolora. Agitar con la varilla hasta que cese totalmente el desprendimiento gaseoso.

Dejar decantar y verter el líquido sobrenadante, con cuidado de no perder nada de sólido.

Añadir 20 mL de H_2SO_4 3 M y comprobar que no se desprenden burbujas. Si aparece desprendimiento gaseoso, esperar a que termine la reacción. Decantar y verter el líquido sobrenadante, con cuidado de no perder nada de sólido.

Lavar el precipitado tres veces con 10 mL de agua y, después, tres veces con 10 mL de acetona en el mismo vaso de precipitado. Para ello, se añade el líquido, se agita, se deja decantar el sólido y se vierte el líquido sobrenadante, con cuidado de no perder nada de sólido. Al final del proceso tendremos cobre metálico humedecido con acetona.

Para secar el precipitado, la forma más fácil y cómoda es colocar el vaso de precipitado bajo una lámpara de rayos infrarrojos que se puede adquirir en tiendas de iluminación. También puede colocarse el vaso de precipitado en una estufa a 110-115 ºC durante unos minutos o colocarse sobre una superficie caliente.

De cualquier forma, después se espera a que se enfríe el vaso hasta temperatura ambiente y se pesa. Se pasa todo el cobre al vidrio de reloj y se pesa el vaso vacío. Por diferencia, obtenemos la cantidad de cobre final.

Por último, se calcula el porcentaje de recuperación del cobre, que debe ser próximo al 100 %.

4. RESULTADOS

Los resultados pueden recogerse en una tabla del tipo:

Cantidad de cobre inicial	
Cantidad de cobre final	
Rendimiento del proceso	

6. CUESTIONES PLANTEADAS

1. ¿Qué reacciones son de oxidación-reducción? ¿Qué reacciones son de precipitación?
2. Utilizar el método del ion-electrón para ajustar las reacciones redox.
3. Al añadir el cinc sobre la disolución, que contiene ácido sulfúrico, se produce el desprendimiento de un gas. ¿De qué gas se trata? Escribe y ajusta la reacción entre el cinc y el ácido sulfúrico.
4. Calcular las cantidades mínimas necesarias de cada reactivo en base a la cantidad de sustancia inicial de cobre. Identificar los pasos en los que se utiliza exceso de reactivo y dar una explicación de ello.
5. Calcular el volumen de NO_2 producido por la reacción entre el cobre y el ácido nítrico en las condiciones ambientales (aproximadamente, 20 ºC y 760 mm de Hg).
6. Justificar por qué el rendimiento es diferente del 100%, como predice la ley de la conservación de la masa. Identificar aquellas operaciones donde se hayan podido cometer los principales errores y la forma de evitarlos.

BEFERENCIAS

1. Z. Szafran, R.M. Pike, J.C. Foster, *Microscale General Chemistry Laboratory*, Ed. John Wiley & Sons, New York (1993).
2. B.Z. Shakhashiri, *Chemical Demonstrations*, University of Wiscosin Press, Madison (1992).
3. R.H. Petrucci, W.S. Harwood, F.G. Herring, *Química General*, Ed. Pearson Prentice Hall, Madrid (2003).
4. L.R. Summerlin, J.L. Ealy, Jr, *Chemical Demonstrations: a sourcebook for teachers*, Ed. American Chemical Society, Washington (1988).

ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE POLARIZACIÓN A LA SALIDA DE POLARIZADORES LINEALES NO-IDEALES

Victoria Ramírez Sánchez, Antonio Arévalo Garbayo, Gemma Piquero Sanz
Departamento de Óptica, Facultad de Ciencias Físicas
Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid
v.ramirez-sanchez@fis.ucm.es , www.ucm.es/info/goptic

En la enseñanza de la Física, por simplicidad, se suelen realizar una serie de hipótesis iniciales y se supone, en general, la idealidad de los sistemas físicos. En particular en Óptica, y más en concreto cuando se estudia el tema de la polarización de la luz, uno de los elementos que se introduce es el polarizador lineal y generalmente se asume que es ideal. El hecho de considerar que dichos polarizadores son no-ideales lleva a resultados curiosos que pueden constituir un ejemplo interesante para introducir al alumno al experimento real, evaluando qué sucede cuando no se satisfacen las aproximaciones teóricas realizadas.

1. INTRODUCCIÓN

La polarización de la luz es uno de los tópicos más atractivos en el campo de la Óptica. Este fenómeno se aprovecha en algunos dispositivos cotidianos, pantallas de cristal líquido, gafas de sol, relojes digitales, teléfonos móviles, etc., y se usa en diversas aplicaciones tecnológicas, tales como fibras ópticas, elipsometría, polarimetría, etc.

El concepto de polarización de la luz, así como su representación a través del vector de Jones, si la luz está totalmente polarizada, o a través de los parámetros de Stokes, para el caso de la luz parcialmente polarizada, se introduce en cursos universitarios de Óptica general. A este nivel, ciertos sistemas ópticos capaces de modificar el estado de polarización de la luz (polarizadores, retardadores, etc.), se consideran ideales por simplicidad. Así, un polarizador ideal es aquel que transmite completamente la componente del campo paralela a su eje de transmisión y absorbe completamente la componente ortogonal. A partir de aquí se suele introducir la ley de Malus. Se han publicado gran cantidad de trabajos, libros y artículos de investigación, en los que se aborda el tema de los cambios que ciertos elementos ópticos ideales, tales como polarizadores o láminas de onda, pueden producir en el estado de polarización de un campo eléctrico (1-6). También hay algunos trabajos publicados en revistas científicas donde se tiene en cuenta que los polarizadores son no-ideales (7-10).

Nótese que en muchas aplicaciones es necesario considerar la no-idealidad de los elementos polarizadores ya que puede afectar a medidas de alta resolución o precisión, como ocurre en elipsometría y polarimetría. Aunque se han publicado diversos trabajos sobre polarización con un enfoque didáctico en algunas revistas

especializadas en educación (11-13), pocas veces se ha considerado la no idealidad de sistemas ópticos capaces de cambiar la polarización (14).

En este trabajo, se presentan una serie de resultados sobre el estado de polarización de la luz cuando ésta se propaga a través de un polarizador en el cual supondremos que no toda la luz se transmite en la dirección del eje de transmisión y no toda la luz se absorbe en la dirección del eje de absorción, nos referiremos a este polarizador como no-ideal. El problema que se aborda podría plantearse a alumnos de niveles universitarios con fines didácticos. Permitiría concienciarles de que el uso de aproximaciones puede, en situaciones específicas, conducir a resultados erróneos. Además podría servir para que los alumnos se familiaricen con los problemas típicos que pueden aparecer en experimentos reales cuando la no idealidad de ciertos elementos ópticos juega un papel relevante.

2. FORMALISMO: VECTORES DE STOKES

Consideraremos una onda plana cuasi-monocromática uniformemente polarizada propagándose a lo largo del eje *z*. Trabajaremos dentro de la aproximación paraxial y despreciaremos la componente longitudinal del campo, en consecuencia, únicamente consideraremos las componentes transversales del mismo, E_x y E_y.

En general, la luz estará parcialmente polarizada, por tanto, será necesario emplear el formalismo de Stokes. El vector de Stokes que describe el estado de polarización del el haz incidente es (1):

$$\mathbf{E}^i = \begin{pmatrix} s_0 \\ s_1 \\ s_2 \\ s_3 \end{pmatrix}, \qquad [1]$$

donde,

$$s_0 = \langle E_x E_x^* \rangle + \langle E_y E_y^* \rangle, \qquad [2]$$

$$s_1 = \langle E_x E_x^* \rangle - \langle E_y E_y^* \rangle, \qquad [3]$$

$$s_2 = \langle E_x E_y^* \rangle + \langle E_x^* E_y \rangle, \qquad [4]$$

$$s_3 = i\left(\langle E_x E_y^* \rangle - \langle E_x^* E_y \rangle\right), \qquad [5]$$

donde el símbolo <> denota promedio temporal. El primer parámetro de Stokes, s_0, proporciona la irradiancia del haz. El segundo, s_1, representa el exceso de intensidad de luz transmitida por un polarizador con su eje de transmisión a 0º respecto a la que se transmitiría con el eje de transmisión a 90º, ambos ángulos medidos respecto al eje *x*. El parámetro s_2 se interpreta de forma similar al anterior pero respecto a los ángulos 45º y 135º. Por último, s_3 mide el exceso de intensidad transmitida de luz

circularmente polarizada a derechas respecto a la polarizada circularmente a izquierdas.

A partir de los elementos del vector de Stokes se definen tres parámetros que describen el estado de polarización del haz: el grado de polarización, P, la elipticidad, χ, y el azimut, ψ (1) :

$$P = \sqrt{\frac{s_1^2 + s_2^2 + s_3^2}{s_0^2}}, \qquad 0 \le P \le 1 \qquad [6]$$

$$\chi = \frac{1}{2}\arctan\left[\frac{s_3}{\sqrt{s_1^2 + s_2^2}}\right], \qquad -\frac{\pi}{4} < \chi < \frac{\pi}{4} \qquad [7]$$

$$\psi = \frac{1}{2}\arctan\left[\frac{s_2}{s_1}\right], \qquad 0 \le \psi < \pi \qquad [8]$$

La elipticidad representa la proporción entre el eje mayor y el eje menor de la elipse de polarización. χ, toma valores positivos o negativos dependiendo de si la luz está polarizada a derechas o a izquierdas, respectivamente. Si $\chi = 0$, la polarización del haz es lineal y si $\chi = \pi / 4$, la luz estará polarizada circularmente. Por otro lado, el azimut, ψ, es el ángulo que forma el eje mayor con el eje x.

El haz incidente, $\mathbf{E}^i$, normalizando la intensidad total a la unidad, se puede escribir en términos de los parámetros anteriores de la forma,

$$\mathbf{E}^i = \begin{pmatrix} 1 \\ P^i \cos 2\chi^i \cos 2\psi^i \\ P^i \sin 2\chi^i \sin 2\psi^i \\ P^i \sin 2\chi^i \end{pmatrix}, \qquad [9]$$

Además, cualquier elemento óptico dentro del formalismo de Stokes, puede ser descrito por una matriz de Mueller, en particular, la matriz asociada a un polarizador ideal con eje de transmisión según θ es (6):

$$M_\theta^{ideal} = \begin{pmatrix} 1 & \cos 2\theta & \sin 2\theta & 0 \\ \cos 2\theta & \cos^2 2\theta & \cos 2\theta \cos 2\theta & 0 \\ \sin 2\theta & \cos 2\theta \sin 2\theta & \sin^2 2\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \qquad [10]$$

El haz a la salida del polarizador vendrá dado por,

$$\mathbf{E}^o = M_\theta^{ideal} \mathbf{E}^i, \qquad [11]$$

La ecuación [11] representa luz linealmente polarizada con azimut paralelo al eje de transmisión del polarizador ideal.

Si se tiene en cuenta que los polarizadores son, en general, no ideales, la matriz de Mueller cambia. En tal caso viene dada por la expresión (6):

$$M_\theta = \begin{pmatrix} S & D\cos 2\theta & D\sin 2\theta & 0 \\ D\cos 2\theta & S\cos^2 2\theta + R\sin^2 2\theta & (S-R)\cos 2\theta \sin 2\theta & 0 \\ D\sin 2\theta & (S-R)\cos 2\theta \sin 2\theta & R\cos^2 2\theta + S\sin^2 2\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R \end{pmatrix}, \qquad [12]$$

siendo $S = (k_1 + k_2)/2$, $D = (k_1 - k_2)/2$ y $R = (k_1 k_2)^{1/2}$, donde k_1 y k_2 son los coeficientes de transmisión y absorción respectivamente y satisfacen $0 \le k_i \le 1$, con i=1,2. Las cantidades definidas anteriormente cumplen la condición, $S^2 = D^2 + R^2$.

Los parámetros de Stokes a la salida del polarizador no ideal son:

$$s_0' = S + DP^i \cos 2\chi^i \cos 2(\theta - \psi^i), \qquad [13]$$

$$s_1' = D\cos 2\theta + SP^i \cos 2\theta \cos 2\chi^i cos 2(\theta - \psi^i) + RP^i \sin 2\theta \cos 2\chi^i \sin 2(\theta - \psi^i), \qquad [14]$$

$$s_2' = D\sin 2\theta + SP^i \sin 2\theta \cos 2\chi^i \cos 2(\theta - \psi^i) - RP^i \cos 2\theta \cos 2\chi^i \sin 2(\theta - \psi^i), \qquad [15]$$

$$s_3' = RP^i \sin 2\chi^i. \qquad [16]$$

Sustituyendo estas expresiones en las ecuaciones [6]-[8], el grado de polarización, la elipticidad y el azimut del haz de salida son:

$$P^o = \sqrt{1 - \frac{R^2(1 - P^{i^2})}{\left[S + DP^i \cos 2\chi^i \cos 2(\theta - \psi^i)\right]^2}}, \qquad [17]$$

$$\psi^o = \frac{1}{2}\arctan\left[\frac{D\sin 2\theta + SP^i \sin 2\theta \cos 2\chi^i \cos 2(\theta - \psi^i) - RP^i \cos 2\theta \cos 2\chi^i \sin 2(\theta - \psi^i)}{D\cos 2\theta + SP^i \cos 2\theta \cos 2\chi^i \cos 2(\theta - \psi^i) + RP^i \sin 2\theta \sin 2\chi^i \sin 2(\theta - \psi^i)}\right], \qquad (18)$$

$$\chi^o = \frac{1}{2}\arctan\left[\frac{RP^i \sin 2\chi^i}{\left\{\left[S + DP^i \cos 2\chi^i \cos 2(\theta - \psi^i)\right]^2 - R^2\right\}^{1/2}}\right], \qquad [19]$$

donde los superíndices *i* y *o* se refieren, al haz de entrada y de salida, respectivamente. Puede verse, a la vista de las expresiones anteriores, que los parámetros que determinan el estado de polarización del campo a la salida del polarizador no-ideal dependen, en general, del grado de polarización, P^i, la elipticidad, χ^i, y el azimut, ψ^i, del haz incidente, así como de los coeficientes k_1 y k_2.

3. RESULTADOS

A partir de las expresiones anteriores podemos deducir los siguientes resultados. Con respecto al grado de polarización tenemos:

i) Si consideramos un polarizador ideal ($k_1 = 1$ y $k_2 = 0$, es decir, S=1, D=1 y R=0), el haz de salida es totalmente y linealmente polarizado ($\chi^o = 0$ y $P^o = 1$) con azimut igual al ángulo que forma el eje de transmisión del polarizador con el eje *x* ($\psi^o = \theta$), independientemente del estado y el grado de polarización del haz incidente. Este constituye el ejemplo típico para los alumnos al introducir este sistema óptico.

ii) Para obtener un haz totalmente polarizado ($P^o = 1$) tras el polarizador no ideal, es necesario un haz de entrada totalmente polarizado ($P^i = 1$). Es decir, un polarizador únicamente podría polarizar completamente un haz si el haz de entrada estuviera totalmente polarizado, $P^i = 1$.

iii) Además, cuando un haz no polarizado, $P^i = 0$, incide en el polarizador, éste se polariza. El grado de polarización adquirido únicamente depende de k_1 y k_2 y aumenta al hacerlo la diferencia $k_1 - k_2$ (esto es, conforme el polarizador tiende a la idealidad):

$$P^o = \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2}. \qquad [20]$$

iv) Es posible despolarizar completamente un haz cuando este se propaga a través del polarizador real. Por ejemplo, para haces de luz parcialmente polarizados con $\psi^i = \theta \pm \pi/2$, $\chi^i = 0$ y grado de polarización inicial $P^o = \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2}$ propagándose a través de un polarizador real con eje de transmisión, θ, se obtiene $P^o = 0$.

v) Para que se conserve el grado de polarización del haz en su propagación a través del polarizador, esto es, $P^i = P^o$, se debe satisfacer la condición siguiente:

$$P^i = \frac{R - S}{D\cos 2\chi^i \cos 2(\theta - \psi^i)}. \qquad [21]$$

En cuanto al azimut y la elipticidad, los resultados que se derivan del estudio realizado son los siguientes:

i) Cuando un haz de luz totalmente polarizada ($P^i = 1$) se propaga a través de un polarizador con eje de transmisión a 0º, se espera que la luz a la salida esté linealmente polarizada según dicho ángulo, independientemente del estado

inicial de polarización. De acuerdo con la ecuación [19], χ^o depende de χ^i, esto permite afirmar que el resultado anterior no es válido para polarizadores no-ideales. El haz de salida no está linealmente polarizado según el eje de transmisión del polarizador, ya que la elipticidad no se anula y el azimut no es paralelo a dicho eje de transmisión. Estas discrepancias (entre el caso ideal y el real) se deben a que el coeficiente de transmisión sobre el eje de absorción es no nulo ($k_2 \neq 0$). En este sentido, puede decirse que un polarizador real se comporta más idealmente cuanto menor es el valor de k_2.

ii) Si el haz incidente está totalmente y linealmente polarizado ($\chi^i = 0$ y $P^i = 1$), a la salida de un polarizador con $\theta = 0^o$, el azimut, ψ^o, viene dado por:

$$\psi^o = \frac{1}{2}\arctan\left[\frac{R\sin 2\psi^i}{D + S\cos 2\psi^i}\right]. \qquad [22]$$

Por ejemplo, si $k_1 = 0.5$, $k_2 = 0.001$ y $\psi^i = 45^o$, el azimut del haz de salida es $\psi^O = 2.55^o$ (resultado que concuerda con lo dicho en el apartado i). Estas variaciones son relevantes si se requieren medidas de polarización precisas. Si se considera luz parcialmente polarizada a la entrada, ψ^o depende también de P^i.

iii) Se puede obtener luz circularmente polarizada, $\chi^o = \pi/4$, a la salida de un polarizador no ideal con $\theta = 0^o$, si el haz de entrada es tal que, $\psi^i = 0$ y $\chi^i = \frac{1}{2}\arccos\left(\frac{-D}{SP^i}\right)$.

iv) Si el haz de entrada está polarizado circularmente, $\chi^i = \pi/4$, la elipticidad a la salida, χ^o ,vendrá dada por:

$$\chi^o = \frac{1}{2}\arctan\left(\frac{RP^i}{D}\right)$$

que es independiente del ángulo del polarizador, θ. La elipticidad a la salida sólo depende del grado de polarización del haz incidente y de los coeficientes de absorción y transmisión del polarizador.

4. CONCLUSIONES

Al trabajar con polarizadores lineales no ideales se han obtenido algunos resultados sorprendentes como, la posibilidad de obtener luz circularmente polarizada con un único polarizador lineal, la obtención de luz linealmente polarizada con azimut distinto al eje de transmisión del polarizador o la posibilidad de despolarizar completamente el haz de entrada. Este trabajo puede constituir un ejemplo o problema práctico para proponer a los estudiantes de Óptica.

Los resultados que se obtienen son curiosos y podrían ser útiles para motivar a los alumnos además de permitir una mejor comprensión del fenómeno de la polarización. Este tipo de problemas puede servir de ayuda para introducir al estudiante en el experimento real, en donde algunas hipótesis iniciales pueden no ser válidas.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia, bajo el proyecto FIS2004-01900 y por la Comunidad de Madrid-UCM, Ayudas a grupos de investigación, 910335 (2007). Uno de los autores, disfruta de una beca de Formación de Personal Investigador, del Ministerio de Educación y Ciencia. Agradecemos también la colaboración del Dr. J. M. Movilla.

REFERENCIAS

1. M. Born, E. Wolf, *Principles of Optics*, Cambridge University Press (7ª Ed.), Cambridge (1999).
2. G. R. Fowles, *Introduction to modern optics*, Dover Publicatios, New York (1975).
3. E. Collett, *Am. J. Phys.*, **1968,** Vol. 36, 713-726.
4. E. Hecht, *Óptica*, Addison Wesley Iberoamericana, Wilmington, EE.UU. (2000).
5. L. S. Pedrotti, F. L. Pedrotti, *Introduction to Optics*, Prentice Hall (1993).
6. D. Goldstein, *Polarized light*, Marcel Dekker, New York (2003).
7. K.G. Povov, V. P. Ruzov, *Opt. Spectrosc.*, **1982,** Vol. 52, 580-581.
8. A. Dubra, J. A. Ferrari, *Appl. Opt.*, **1998**, Vol. 37, 8156-8158.
9. J. Krása, J. Jiricka, M. Lokajícek, *Phys. Rev. E*, **1993**, Vol. 48, 3184-3186 (1993).
10. J. Krása, M. Lokajícek, J. Jiricka, *Phys. Lett.* A., **1994**, Vol. 186, 279-282.
11. E. Hecht, *Am. J. Phys.*, **1970**, Vol. 38, 1156-1158.
12. V. E. Baylis, J. Bonenefant, J. Derbyshire, J. Huschilt, *Am. J. Phys.*, **1993**, Vol. 61, 534-545.
13. D. Auerbach, *Eur. J. Phys.*, **2000**, Vol. 21, 13-16.
14. L. Dettwiller, *Eur. J. Phys,* **2001**, Vol. 22, 576-586.

CONTRIBUCIONES FUNDAMENTALES DE LA ESPECTROSCOPÍA CLÁSICA: ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Gualdino Alonso Ferreira-Dos Santos
IES Francisco Giner de los Ríos y Grupo Didáctica e Historia de la Química y de la Física de la Real Sociedad Española de Química.
galonso@educa.madrid.org

La propuesta didáctica plantea actividades de aprendizaje que recrean los primeros trabajos de los espectroscopistas. En consonancia con el paralelismo que se da entre la génesis y evolución histórica de los conceptos en Física y Química, y el desarrollo de algunos de estos conceptos en los propios alumnos, describe algunas de las etapas más importantes del proceso que ha convertido esta rama de la Química, la Espectroscopia, en una herramienta imprescindible para el conocimiento de la estructura atómica y molecular.

1. INTRODUCCIÓN

Los estudiantes ven por vez primera el espectro de algunos átomos en el Bachillerato, cuando empiezan a estudiar los modelos atómicos. Y en ocasiones, aspectos importantes del trabajo de los primeros espectroscopistas, como el análisis químico espectral, que se aplicaba antes de que una teoría explicase satisfactoriamente el origen de las líneas espectrales, o su labor en la creación de nuevos instrumentos, (espectroscopios, lámparas de descarga,..) que, perfeccionados, siguen utilizándose hoy en numerosos dominio científicos, o el papel que desempeñaron en la emergencia de la teoría cuántica y en el desarrollo de los modelos atómicos, y que constituyen contribuciones fundamentales al desarrollo de la Física y de la Química, pasan desapercibidos.

La propuesta didáctica describe la evolución de los conceptos más fundamentales que han convertido estos métodos en una herramienta imprescindible para el conocimiento de la estructura atómica y molecular. Plantea una secuencia de actividades que respeta la perspectiva histórica, recrea los trabajos de los primeros espectroscopistas en consonancia con el modelo enseñanza-aprendizaje que toma como base de partida el modo de producción de los conocimientos en la Ciencia y la forma de construirlos en el aprendizaje (1).

Para realizar la primera aproximación a los conceptos de emisión atómica y de absorción se propone, como actividad experimental, ensayos a la llama con sales metálicas. Estos constituyen uno de los fundamentos de la pirotecnia, el que proporciona los colores a fuegos artificiales y bengalas, por lo que la actividad puede relacionarse con el ocio en nuestra vida cotidiana. Los chinos la conocen hace miles de años (2) y en la actualidad constituye un espectáculo que forma parte de celebraciones populares y fiestas tradicionales en todo el mundo. Estas herramientas

didácticas que relacionan aspectos cotidianos con los contenidos de Química favorecen tanto la asimilación de conceptos como el interés hacia su estudio (3).

La emisión atómica también ilumina nuestra vida ordinaria, aunque tuvieron que pasar muchos años desde que Davy, en 1813, descubriera el arco eléctrico, hasta 1940 en el que las lámparas de descarga comenzaron a sustituir a las de incandescencia. Los primeros tubos de neón proporcionaron las primeras luces de colores y fueron seguidos por otras lámparas de descarga con mezclas de diferentes gases, y con vapores metálicos, como el del sodio que iluminan nuestras vías públicas, o las lámparas fluorescentes cuya eficacia luminosa es cinco veces superior a la de las lámparas incandescentes.

Como Kirchoff (4), que logra interpretar el espectro solar cuando demuestra que la absorción y la emisión de radiación luminosa son dos fenómenos relacionados e inversos, y para poner de manifiesto la capacidad de análisis de los métodos espectroscópicos, en la segunda actividad que se propone a los estudiantes tienen que obtener la composición química del Sol a partir del registro de su espectro. Con esta actividad se persigue despertar el interés de los alumnos, en consonancia con todos los modelos actuales de enseñanza que están de acuerdo en que una las características que definen el interés por un contenido o una tarea es el grado de aplicabilidad y utilidad que percibe el alumno (5) En ella, para hacer inteligible la información acumulada en los registros de los espectros, los estudiantes tienen que obtener, en primer lugar, los valores de las longitudes de onda correspondientes a algunas líneas de absorción del espectro solar utilizando un espectro conocido de referencia. Deben obtener la recta que mejor se ajusta a los datos experimentales, familiarizándose así con las técnicas habituales de tratamientos de datos.

Finalmente, se subraya la contribución de la espectroscopia atómica en la elaboración de la Mecánica Cuántica al abordar el modelo atómico de Bohr, de acuerdo con que “es el estudio de los espectros discretos de los elementos químicos que constituye la etapa siguiente del desarrollo, después del estudio de los espectros continuos de la radiación térmica, el que contribuye de manera decisiva al desarrollo de la teoría cuántica” (6). Esta actividad guía al estudiante en la elaboración, en primer lugar, de un modelo energético de átomo que debe construir a partir de las líneas espectrales para llegar al modelo cuántico del átomo de hidrógeno de Bohr, que le permitirá explicar los fenómenos de emisión, absorción e ionización de los átomos y los diferentes estados energéticos que puede ocupar.

2. ACTIVIDADES PROPUESTAS: ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS

2.1. Ensayos a la llama

La espectroscopía atómica visible arranca en el año 1752, cuando Melville observa que al añadir sal marina a la llama de un mechero de alcohol adquiere una tonalidad amarilla. En 1826, Talbot emplea un espectroscopio para observar las llamas

producidas por diferentes sales al arder, obteniendo líneas de colores discretas generalmente muy brillantes a diferencia de las líneas oscuras del espectro solar que había obtenido antes Fraunhofer que, en 1816, utiliza por vez primera, las letras del alfabeto para identificarlas. Esta nomenclatura se sigue utilizando hoy, por ejemplo, para la raya amarilla D del sodio (en realidad un doblete de longitudes de onda 589,0 y 589,6 nm). Muchas sales metálicas, al ser calentadas en la llama de un mechero de alcohol tienen la propiedad de colorearla, al emitir las radiaciones de menor frecuencia de su espectro. La temperatura de la llama no es capaz de excitar los átomos lo suficiente para llevar sus electrones a todos los orbitales vacantes hasta alcanzar su ionización. Por ello, solamente se producen unas pocas líneas en su espectro, pero la luz emitida presenta un color muy definido que puede servir para identificar el elemento metálico en cuestión. Lo que permite establecer un método para reconocer algunos metales existentes como iones en sus sales volátiles. Por ejemplo, las sales de los metales alcalinos y de los alcalino-térreos, volátiles a temperaturas relativamente altas, le comunican a la llama colores característicos permitiendo identificarlos fácilmente. La actividad de los ensayos a la llama permite al alumnado realizar observaciones y deducir conclusiones importantes:

-El color de llama no coincide con el color de la disolución de la sal metálica correspondiente. Por ejemplo, la disolución del sulfato de cobre es azul mientras que colorea la llama de color verde.

-Muchos iones metálicos como el cobalto, el níquel, el hierro, y otros, proporcionan color a sus disoluciones pero no llegan a colorear las llamas.

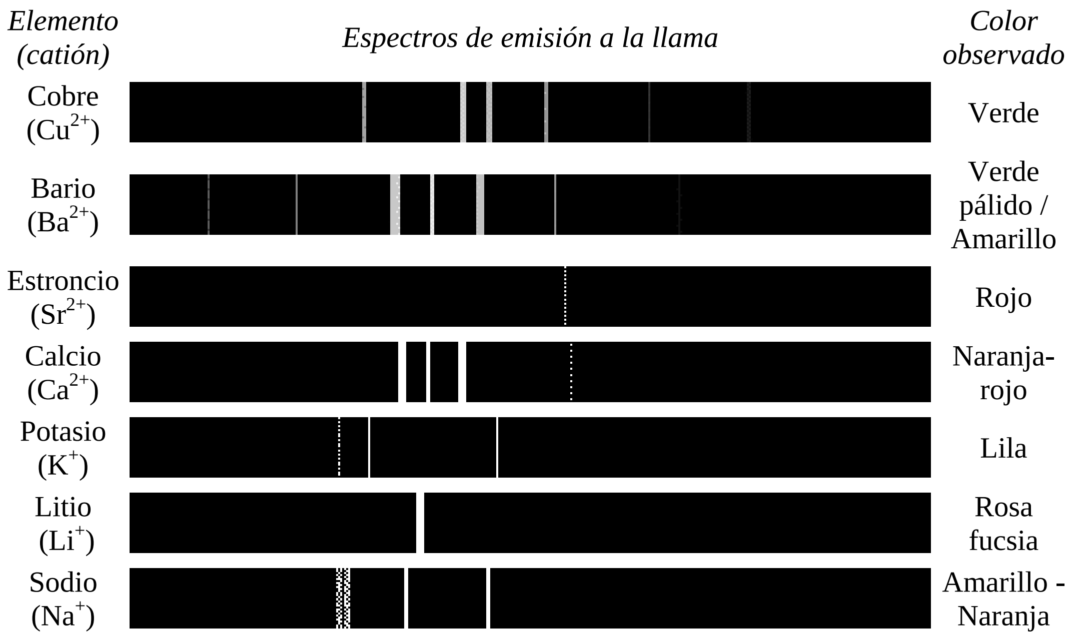


Figura 1. Espectros de emisión a la llama de diferentes cationes metálicos y colores.

Cuando un metal en forma de sal se coloca en una llama, que proporciona la temperatura precisa, absorbe energía y la reemite en forma de radiación luminosa. Si la radiación emitida se encuentra en la región visible del espectro electromagnético observaremos colores. Algunos metales emiten en la región ultravioleta, por lo que nuestros ojos no pueden detectarlos.

El color de la llama no es suficiente para identificar una sustancia química; hay que analizar su espectro. El que se obtiene de un compuesto químico, el de una sal por ejemplo, puede ser el resultado de la superposición de los espectros de los átomos de los elementos que lo componen. Para interpretar un espectro hay que controlar la pureza de los compuestos y utilizar instrumentos precisos.

2.2. Análisis espectral

La espectroscopía de emisión se desarrolla realmente en 1859, con Kirchoff y Bunsen, que construyen un espectroscopio de prisma y sustituyen el mechero de alcohol por el mechero de gas desarrollado por Bunsen. Su técnica resulta útil para identificar y diferenciar metales y además permite estimar la concentración del metal a partir de la intensidad de los colores de las rayas obtenidas comparándola con la de una línea estándar. Publican en 1859 y en 1860 dos artículos que constituyen el inicio del análisis espectral y de dos de sus aplicaciones que llegan hasta nuestros días:

-El análisis químico por espectroscopia que permite identificar elementos químicos.

-La composición química de las estrellas mediante el análisis de su espectro de absorción.

Su descubrimiento no sólo proporcionó a los astrónomos un poderoso instrumento para determinar la composición del sol y de otras estrellas sino que también les lleva al descubrimiento de dos nuevos elementos químicos, el Cesio (1860) (del latín, *azul* por el color de sus líneas espectrales) y el Rubidio (1861) (del griego, *rojo*), identificando sus líneas características, justificando así el uso del método espectroscópico en análisis químico. Otros elementos químicos descubiertos por métodos espectroscópicos fueron el Talio (1861) por W. Crookes (del griego, *tallos, rama verde*) y el Indio (1863) por F. Reich y H.T. Richter (*azul*, por el colorante *índigo*).

Para realizar este ensayo, más preciso y sensible, se precisa un espectroscopio de prisma o de red en el que poder observar las líneas brillantes de colores correspondientes a las longitudes de onda que componen la luz ensayada. Hay que obtener su espectro, que aparece limitado a las líneas de menor frecuencia. Los valores de las longitudes de onda se determinan superponiendo al espectro obtenido una escala de referencia. En su defecto, puede utilizarse los registros de los espectros de elementos, obtenidos en la llama de un mechero Bunsen y compararlos con los espectros de los mismos obtenidos con arco eléctrico.

La presencia de un elemento químico en una muestra determinada queda plenamente comprobada al reproducirse el espectro correspondiente del que se dispone un registro con el número de rayas correspondiente y su posición en la escala.

2.3. Aplicación a la determinación de la composición química del Sol

Kirchoff, después de demostrar, para cada elemento químico, la inversión de sus líneas brillantes de emisión atómica en líneas oscuras de absorción, reconoce que las líneas del espectro solar coinciden exactamente con algunas de las líneas del espectro de emisión de las sales que había estudiado, concluyendo que en la atmósfera del sol existen los mismos metales vaporizados que absorben esas frecuencias de luz emitidas por el Sol. Enunció las hoy conocidas como *leyes de la espectroscopia de Kirchoff:*

- Un cuerpo incandescente emite un espectro continuo.
- Un cuerpo gaseoso excitado emite un espectro de líneas brillantes.
- Cuando la luz pasa a través de un vapor produce líneas oscuras en donde el vapor emite luz originando líneas brillantes.

En 1868, Janssen detecta una línea desconocida en el espectro del Sol, que identifica como un elemento químico nuevo, el helio, del griego *helios*, Sol. Veintisiete años después el helio es descubierto en la Tierra, por Ramsay, que observa en el espectro de un mineral de uranio que contenía helio, una línea en la misma posición que la encontrada por Janssen en el espectro del Sol. Hoy sabemos que el helio es el segundo elemento más abundante en el Universo. El primero es el hidrógeno (7)

El análisis de la luz transmitida por disoluciones coloreadas, pueden servir las que se han utilizado en la actividad anterior de los ensayos a la llama, cuando son iluminadas con luz blanca permiten la obtención de espectros de bandas de absorción. Al iluminar una disolución con la luz blanca procedente, por ejemplo, de un retroproyector, y analizar la transmitida por la sustancia con un espectroscopio o una red de difracción se observa su espectro de absorción. Por ejemplo, al analizar con un espectroscopio la luz transmitida por la disolución azul de sulfato de cobre se observan los colores amarillo – verde – azul – violeta y una banda negra, la de absorción, que abarca desde el color rojo al naranja del espectro visible.

La superficie caliente de las estrellas emite luz constituida por un número infinito de rayas que se confunden en un espectro continuo. Algunas de estas radiaciones de la luz blanca al atravesar la atmósfera que rodea a una estrella son absorbidas por los átomos de los elementos presentes en ella, por lo que el espectro que se obtiene es el de absorción de la estrella observada y en el que se observa como sobre un fondo continuo aparecen numerosas líneas oscuras. Los estudiantes utilizarán un registro fotográfico para identificar algunas especies químicas presentes en la cromosfera, la atmósfera gaseosa que envuelve al Sol.

Deben determinarse, en primer lugar, las longitudes onda correspondientes a las líneas de absorción; para ello basta superponer al registro fotográfico del espectro solar un espectro de referencia conocido. Para ello, debe obtenerse la recta de

calibrado del espectro y establecer la relación entre las dos magnitudes λ = f (L) dónde λ representa a las longitudes de onda y L las distancias medidas para cada una de las líneas espectrales que permite asignar una longitud de onda a cada una de las líneas del registro fotográfico. Los elementos químicos presentes se identifican a continuación comparando las longitudes de onda del espectro de absorción solar con las de los espectros de emisión de los átomos de las especies químicas presentes.

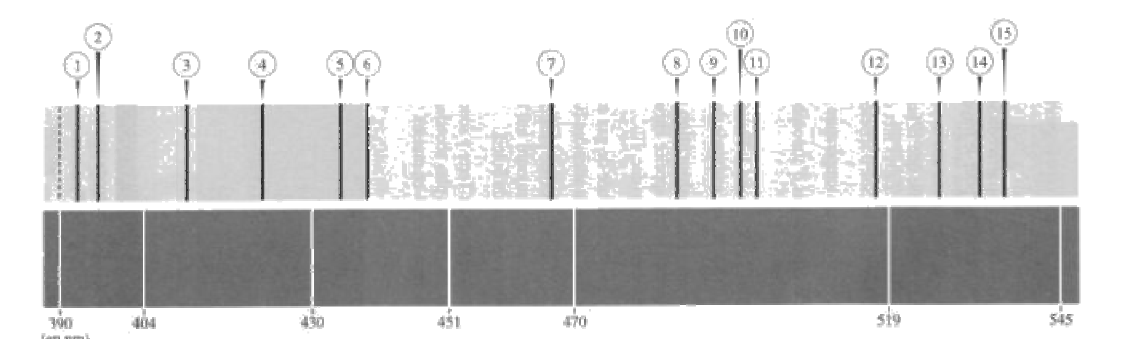


Figura 2: La parte superior proporciona parte del espectro visible del Sol, donde las principales líneas de absorción aparecen numeradas y subrayadas como líneas oscuras. La de abajo es parte del espectro de emisión del Ar, que sirve de referencia para determinar las longitudes de onda correspondientes.

2.4. Construcción del modelo cuántico de átomo de Hidrógeno a partir de su espectro

Los primeros espectros de chispa fueron obtenidos, en 1852, por Wheatstone utilizando electrodos de grafito colocados verticalmente, uno sobre otro, situando la muestra en un cuenco en el electrodo inferior. Al saltar la chispa eléctrica la muestra analizada se vaporizaba. Con el desarrollo de la lámpara eléctrica de arco, que llega a alcanzar los 5000ºC se pudo obtener los espectros de emisión de todos lo elementos vaporizados.

Balmer, en 1885, llega a establecer, para la distribución aparentemente irregular de las distintas líneas del átomo de hidrógeno, una sencilla fórmula matemática:

$$1/\lambda = R\,[1/4 \;-\; 1/n^2]$$

que valida inicialmente solamente para la región visible del espectro. Donde n es siempre el número 3 para la línea roja, el número 4 para la verde, 5 para la azul, y 6 para la violeta, líneas que fueron nombradas con las primeras cuatro letras del alfabeto griego: α, β, γ y δ. Cuando n tomaba el valor infinito, las líneas se juntaban formando una serie convergente con límite en el valor 3.645,6 Å, sugiriendo que podía haber

otras series de líneas en hidrógeno que tendrían que corresponder a las longitudes de onda obtenidas al sustituir en su relación el 2^2 por 1^2, 3^2, 4^2, etc.

En 1890, Rydberg siguiendo estas sugerencias generaliza la fórmula que se puede escribir de la forma siguiente:

$$1/\lambda = R\,(1/\,n_f^2 - 1/n_i^2)$$

donde n_f representa una integral que permanece fija para una serie determinada mientras que n_i representa integrales que tienen los valores $n_f + 1$, $n_f + 2$, …para las sucesivas líneas de la misma serie. R es una constante que tiene el valor 109,677.58 cm^{-1} cuando se expresan las longitudes de onda en centímetros y n tiene los valores 3,4,5, etc.

En 1905, sólo cinco años después de que Planck presentara su teoría cuántica, Einstein la utiliza para resolver el entonces inexplicado efecto fotoeléctrico. Sugiere que un rayo de luz es en realidad una corriente de partículas que denominamos fotones. Deduce el valor de la energía de cada fotón $E = h\cdot\nu$ señalando que la energía es proporcional a la frecuencia ν de la onda electromagnética. Siendo h la constante de Planck. Lo que permite asociar una energía a cada línea espectral de los átomos de hidrógeno mediante la sencilla relación:

$$E = h \cdot \nu \;\; = h \cdot c\,/\lambda = 19{,}89 \cdot 10^{-26}\ J{\cdot}m\,/\lambda$$

En 1908, el espectroscopista Ritz sugiere que la frecuencia de cada línea espectral podía ser expresada como la diferencia de dos términos espectrales lo que se conoce como principio de combinación. Este permite traducir la maraña de líneas espectrales observadas en un esquema más ordenado y pequeño de niveles de energía. Interpreta las líneas espectrales como tránsitos entre niveles, concepto que coincide con el de términos espectrales. Cada una de las líneas de cada serie espectral representa tránsitos desde diferentes niveles de origen pero que siempre llegan al mismo nivel de energía final. El modelo apoya la idea de que los átomos podrían existir, por lo menos en un periodo corto de tiempo, en diferentes niveles de energía. Si los átomos no experimentan perturbaciones caen al nivel de energía inferior disponible y permanecen en un estado estable su "estado fundamental". Ocasionalmente, sin embargo, pueden ser inducidos hacia un nivel superior de energía, "se excitan", por ejemplo, en una colisión con un átomo o electrón con velocidad mayor debida a un voltaje eléctrico o una fuente de calor. Un átomo elevado a uno de sus niveles superiores "niveles excitados" cae pronto de nuevo a un nivel inferior "experimenta un salto cuántico", emitiendo un fotón cuya energía corresponde a la diferencia entre los niveles. Este tránsito no ocurre necesariamente al estado fundamental, el átomo puede descender a dicho estado en varios pasos, emitiendo un fotón en cada paso.

En 1913, Bohr postula que si la energía radiante puede existir únicamente en ciertas cantidades mínimas o en múltiplos de estas, ocurre lo mismo con la energía mecánica de los electrones que giran alrededor del núcleo. El estado fundamental del

átomo de hidrógeno correspondería a una de estas cantidades mínimas y los estados excitados a un número mayor. Si el movimiento de los electrones y la energía emitida están cuantificados la transición de estos desde unos niveles cuánticos a otros más bajos producirá la emisión de cuantos de energía igual a la diferencia entre los niveles.

La actividad guía al estudiante en la determinación de las energías asociadas a cada una de las líneas de las series espectrales, a partir de la relación empírica de Balmer-Rydberg, para llegar a construir un diagrama de los niveles de energía del átomo de hidrógeno a partir de los términos espectrales que obtiene utilizando el principio de combinación. Comparando sus resultados con los valores de la energía de los diferentes niveles deducidos mediante la expresión del modelo de Bohr que postuló mediante consideraciones teóricas.

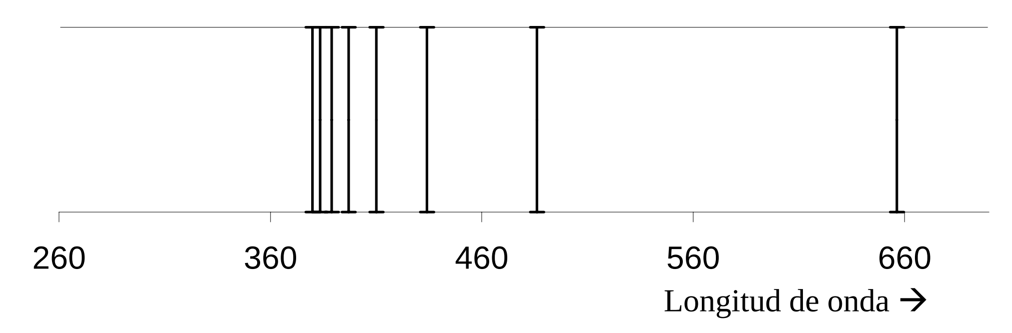


Figura 3: Serie de Balmer del espectro de emisión del átomo de hidrógeno. Al desarrollar la actividad, las líneas deberán numerarse para señalar desde que niveles de energía del átomo se originan las transiciones electrónicas. Hay que determinar la longitud de onda de cada una de ellas para calcular el valor de la constante de Rydberg.

REFERENCIAS

1. D. Gil, *Enseñanza de las Ciencias*, **1993**, Vol. 2 (29), 197-212.
2. A. Garritz, J.A. Chamizo, *Química*, Delaware, Addison-Wesley (1994).
3. G. Pinto, *Anales de la Real Sociedad de Química*, **2005**, Vol. 100(2), 37-43.
4. F. Aragón de la Cruz, *Historia de la Química, de Lavoisier a Pauling*, Editorial Síntesis (2004).
5. J.M. Campanario, *Enseñanza de las Ciencias*, **1999**, Vol. 17 (2), 179-192.
6. N. Bohr, *La teoría atómica y la descripción de la naturaleza,* Madrid, Alianza Universidad (1988).
7. R. Chang, *Química*, McGraw-Hill (1999).

ESTRATEGIAS PARA EL APRENDIZAJE ACTIVO: ANÁLISIS DE SUELOS

Javier Pérez Esteban, Consuelo Escolástico León
Departamento de Química Orgánica y Bio-Orgánica
Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)
Senda del Rey 9, 28040-Madrid. jpereze@ccia.uned.es

El aprendizaje activo se produce en entornos que enfrentan al estudiante con problemas suficientemente complejos que debe y quiere resolver mediante una actividad progresivamente más abierta y creativa. Para que se produzca un buen aprendizaje son necesarias las siguientes condiciones: una base de conocimientos bien estructurada, un contexto motivacional adecuado, actividad por parte del que aprende e interacción con otros. Se presenta el diseño de una serie de prácticas de análisis de suelos, uno de cuyos objetivos es convertir al estudiante en protagonista y sujeto activo de su aprendizaje, fomentando así su responsabilidad, implicándole en la resolución de problemas relacionados con su futura actividad para lo cual es imprescindible que comprenda la finalidad de cada una de sus acciones.

1. INTRODUCCIÓN

Los contenidos de las prácticas son fundamentales en una asignatura y debemos intentar relacionar la parte teórica y práctica, utilizando todos los recursos metodológicos a nuestro alcance.

El estudiante entregará antes de iniciarse cada sesión práctica una ficha que ha debido cumplimentar y que le ha sido proporcionada por el equipo docente de la asignatura. El objetivo es que participe de manera activa y no sea un mero espectador a la hora de abordar un problema concreto estrechamente relacionado con la materia en cuestión. De esta forma se asegura que el estudiante conoce la información básica sobre la práctica a desarrollar en la sesión de prácticas.

Posteriormente realizará un informe de la práctica tratando aspectos concretos que sirvan para afianzar sus conocimientos sobre el trabajo desarrollado. A modo de ejemplo, hemos seleccionado el desarrollo de una práctica basada en el análisis de un suelo.

2. FICHA DE PRÁCTICAS

En una ficha modelo para una sesión práctica donde se determinará el pH del suelo, los estudiantes deberán rellenar inicialmente los siguientes apartados:

Tabla 1. Modelo de ficha de prácticas.

FICHA DE PRÁCTICAS

TÍTULO DE LA PRÁCTICA: Determinación del pH (Reacción del suelo)

FECHA DE ENTREGA: 7 de mayo de 2007

CARÁCTER DE LA PRÁCTICA: Sesión de laboratorio

OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA:

- Determinar el pH de un suelo para evaluar su acidez.
- Conocer la influencia del pH sobre la disponibilidad de nutrientes y la toxicidad de ciertos elementos.
- Diferenciar el concepto de acidez actual y acidez de cambio, relacionados con el grado de saturación en bases del complejo de cambio.

RESUMEN DEL FUNDAMENTO TEÓRICO:

El pH de un suelo indica su acidez, y se define como: pH = -log (H^+). Este parámetro influye en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, así como en la disponibilidad de nutrientes y sustancias tóxicas para las plantas.

Su determinación se basa en la medida del potencial eléctrico que se crea en la membrana de un electrodo. Se suele medir en una suspensión de suelo en agua destilada para mediar la acidez actual. Otra forma consiste en medir el pH en una suspensión con una sal neutra, como el KCl, que añadiría a la concentración anterior de H^+ en solución, los protones adsorbidos sobre las partículas coloidales (acidez de cambio).

El alumno/a deberá rellenar una ficha similar a la anterior para cada una de las prácticas que vaya a realizar.

3. INFORME DE PRÁCTICAS

El informe de prácticas que el estudiante debe entregar para su corrección deberá incluir una serie de puntos definidos por el equipo docente. En concreto constará de

los siguientes apartados: título de la práctica, fundamento teórico, material y aparatos, procedimiento experimental, y cálculo y expresión e interpretación de los resultados.

3.1. Preparación de la muestra

- Fundamento teórico

La muestra natural de un suelo, cuando llega al laboratorio, debe ser acondicionada para la realización de los distintos análisis. Esto incluye el secado al aire de la muestra, para que la humedad del suelo esté en equilibrio con la del ambiente, y de esta manera evitar pérdidas de peso por evaporación durante el análisis; así como la separación de los elementos gruesos (partículas cuyo diámetro es mayor de 2 mm) y la tierra fina, ya que es con esta última con la que van a realizarse los análisis físicos y químicos.

- Material y aparatos

- Bandejas numeradas para secado al aire de la muestra.
- Tamiz de 2 mm de luz.
- Martillo de goma o madera, rodillo o molino.
- Balanza con precisión de ± 1g.

- Procedimiento experimental

Se coloca la muestra en una bandeja de poco espesor y se disgregan con la mano los terrones. Se mantendrá el suelo en la bandeja hasta que se haya secado, removiendo de vez en cuando. Una vez seco se deberán disgregar los terrones con la ayuda de un martillo de goma o madera o mediante un rodillo, pero siempre de forma suave para no romper mecánicamente los elementos gruesos.

Toda la muestra debe ser tamizada por un tamiz de 2 mm de luz. La fracción que pasa a través del tamiz es la tierra fina seca al aire, que tendrá que ser pesada en la balanza. La tierra fina, una vez homogeneizada se guardará en bolsas de plástico bien cerradas y etiquetadas para las posteriores determinaciones, siendo suficiente entre 500 y 1000 g. La fracción que ha quedado retenida en el tamiz corresponde a los elementos gruesos, que también deberán pesarse.

- Cálculo y expresión e interpretación de los resultados

La cantidad de elementos gruesos y de tierra fina se expresan en porcentaje en peso calculándose de la siguiente manera:

$$\%EG = \frac{PEG}{PEG + PTF} \cdot 100 \qquad \%TF = \frac{PTF}{PEG + PTF} \cdot 100$$

PEG = peso en gramos de los elementos gruesos.

PTF = peso en gramos de la tierra fina

3.2. Contenido de humedad de la muestra

- Fundamento teórico

Aunque los análisis de suelos se realizan sobre muestra seca al aire para evitar transformaciones irreversibles al someterse a elevadas temperaturas, la mayor parte de

los resultados han de referirse a suelo seco. De esta manera se reducen los errores debidos a los diferentes grados de humedad ambiental entre distintos laboratorios y entre distintas épocas del año. Para ello ha de determinarse el contenido de humedad del suelo, mediante la eliminación del agua contenida en la muestra al secarse en una estufa, y por diferencia calcular el porcentaje de agua. Para definir el estado seco de un suelo se han fijado unas condiciones normalizadas de 105 ºC en la estufa hasta obtener un peso constante.

- Material y aparatos

- Cápsulas de aluminio.
- Balanza con precisión de ± 0,01 g.
- Estufa de aire forzado o de convección.
- Desecador.

- Procedimiento

Se mezcla bien la muestra de suelo seca al aire y tamizada a 2 mm, y se pesa una parte de 10 a 20 g sobre una cápsula de aluminio de peso conocido. Se coloca la cápsula con la muestra fresca en la estufa a 105 ºC, dejándola secar durante al menos 24 horas, hasta peso constante. Se saca la muestra de la estufa y se deja enfriar empleando un desecador para que no vuelva a rehumectarse. Una vez alcanzada la temperatura del laboratorio se pesará la cápsula con la muestra.

- Cálculo y expresión e interpretación de los resultados

El contenido de humedad de la muestra se expresa en gramos de agua por cada 100 gramos de suelo seco, aunque en algunos laboratorios se expresa la humedad referida a suelo húmedo.

$$\%Humedad = \frac{P_h - P_s}{P_s - P_c} \cdot 100$$

P_h = peso de la cápsula más muestra húmeda (seca al aire)
P_s = peso de la cápsula más muestra seca (a 105 ºC)
P_c = peso de la cápsula

La humedad del suelo seco al aire suele oscilar entre un 2 y un 6%. Muestras de suelos orgánicos o sustratos orgánicos pueden llegar a superar el 100% de humedad referida a suelo seco, debido a la alta retención de agua por parte de estos materiales.

3.3. Determinación del pH (Reacción del suelo)

- Fundamento teórico

El pH permite conocer la acidez o basicidad del suelo. Este parámetro se define como el logaritmo negativo de la actividad de iones hidrógeno: pH = -log (H^+). La acidez o basicidad del suelo influye sobre sus propiedades físicas, químicas e incluso sobre su actividad biológica y también afecta a la movilidad de los diferentes elementos en el suelo. Según el pH del suelo, aumentará o disminuirá la solubilidad de los nutrientes variando así su disponibilidad para las plantas o puede hacer que la concentración de otros elementos llegue a alcanzar niveles tóxicos. También el pH

guarda relación con los iones procedentes del complejo de cambio o con la presencia de iones H^+ por hidrólisis del aluminio.

El método empleado en la determinación del pH de los suelos se basa en medir el potencial eléctrico que se crea en la membrana de vidrio de un electrodo, que es función de la actividad de los iones hidrógeno a ambos lados de la membrana.

La forma más habitual es medir el pH en de una suspensión del suelo en agua destilada, que evalúa la concentración de H^+ en la solución del suelo (acidez actual o real). Otra manera de medir el pH es en una suspensión de suelo en una sal neutra no hidrolizable, generalmente KCl 0,1N, que evalúa la concentración de H^+ en la solución del suelo más los H^+ adsorbidos a las partículas coloidales de carga negativa que se incorporan a la solución permutados por el K^+. Este pH corresponde a la acidez de cambio y siempre será mayor o igual que la acidez actual, informando esta diferencia del grado de saturación del complejo de cambio por cationes metálicos.

Como el pH medido en estas suspensiones varía con la dilución, se ha generalizado la relación suelo/agua de 1/2,5 aunque la medida más adecuada es la realizada en pasta saturada, más próxima a las condiciones de campo.

- Material y aparatos

- Balanza con precisión de ± 0,01g.
- Frasco con tapón.
- Probeta de 50 ml.
- Agitador mecánico (opcional).
- pH-metro.
- Electrodo combinado de pH.

- Reactivos

- Cloruro potásico 0,1M: disolver 7,456 g de KCl en 100 ml de agua destilada y diluir hasta 1 L.
- Solución tampón preparada de pH = 4,00
- Solución tampón preparada de pH = 7,00
- Solución tampón preparada de pH = 9,00

- Procedimiento

El pH-metro deberá estar conectado al menos 15 minutos antes de medir. Es preciso calibrarlo con dos soluciones de pH conocido, según el rango que se espera medir. Normalmente se usa la de pH 4,0 y 7,0, aunque con suelos muy básicos se debe calibrar con el de pH 9,0. Tanto los patrones como las muestras habrán de estar a temperatura ambiente para calibrar o medir. Se comprobará la calibración cada diez o quince medidas, y habrá de corregirse en caso necesario.

Para preparar las muestras se deberán pesar 10 g de suelo seco al aire y tamizado a 2 mm, colocándolo en un frasco y añadiendo 25 ml de agua destilada con ayuda de la probeta. De forma paralela se pesarán también 10 g de suelo en otro frasco al que se le añadirán 25 ml de KCl 0,1M. Se cerrarán bien los frascos y se agitarán ambos durante 20 ó 30 minutos, en intervalos de 5 minutos. Si se dispone de un agitador, con 5 minutos de agitación continua será suficiente.

Se agitarán inmediatamente las suspensiones antes de entrar en contacto con los electrodos, y determinaremos la acidez actual (pH en agua) y la acidez potencial (pH en KCl). Después de cada medida se deberá lavar muy bien el electrodo con agua destilada y secar con papel sin frotar.

- Cálculo y expresión e interpretación de los resultados

Se expresarán los resultados en unidades de pH, utilizando únicamente un decimal, para el extracto 1/2,5 suelo/agua y para el extracto 1/2,5 suelo/KCl 0,1M.

Tabla 2. Referencias indicativas de los valores de pH y sus consecuencias (Cobertera, 1993).

pH en agua 3,5 - 4,8	Muy ácido, desaturado de bases, ausencia de nutrientes solubles y fitotoxicidad por presencia de Al.
pH en agua 4,9 - 6	Ácido, pocas bases de cambio, muy buena solubilidad del Fe; si la materia orgánica está por debajo del 1,8% se puede producir insolubilidad de Ca, Mg y K, y precipitación del P. Posible presencia de Al hasta pH 5,5.
pH en agua 6 - 7,6	De ligeramente ácido a neutro a ligeramente básico, con saturación media en bases. Muy buena solubilidad de nutrientes, aunque a pH > 6,8 el Fe soluble comienza a ser deficiente.
pH en agua 7,6 - 8,5 Diferencia con pH en KCl > 0.4	Básico, saturado en bases. Baja presencia de P y muy baja de Fe soluble.
pH en agua > 8,5 Similar a pH en KCl	Salino-sódico, muy saturado en bases, posible presencia de Na. Presencia de sales solubles y adsorbidas fitotóxicas. Si pH > 8.8 y más del 15% de Na intercambiable es sódico y por debajo de estos valores, salino.

3.4. Contenido en carbono orgánico

- Fundamento teórico

Las formas en las que se encuentra el carbono en el suelo son: compuestos inorgánicos (como carbonatos, CO_2, etc.), formas minerales muy condensadas, de composición próxima al carbono elemental (como carbón, grafito, etc.), residuos orgánicos de origen vegetal y animal en los primeros estadios de su transformación (materia orgánica fresca), y humus del suelo, que se corresponde con la materia orgánica fresca en estado evolucionado y en equilibrio con el medio. El carbono orgánico total incluye estas dos últimas formas.

La importancia de esta determinación reside en la influencia de la materia orgánica en las propiedades físicas del suelo (retención de agua, estructura y aireación, etc.), su relación con la nutrición de las plantas, su aplicación en criterios taxonómicos, su utilización en la corrección de los cálculos de los análisis granulométricos y en el cálculo de la relación C/N como índice de la velocidad de mineralización de la materia orgánica.

La materia orgánica se determina cuantitativamente analizando el carbono orgánico, distinguiéndose dos grupos de métodos para su determinación: métodos por vía seca, basados en la medida del CO2 desprendido en una combustión; y métodos por vía húmeda, basados en la oxidación parcial del carbono orgánico con un agente oxidante. En este último, el más clásico para esta determinación, las semi-reacciones que tienen lugar son:

- Oxidación de la materia orgánica (considerando la materia orgánica como carbono elemental): $CO + 2H_2O \rightarrow CO_2 + 4H^+ + 4e^-$
- Reducción del Cr^{6+}: $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$
- Valoración del exceso de oxidante con la sal ferrosa: $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + 1e^-$

- Material y aparatos

- Balanza analítica con precisión de ± 0,1 mg. La determinación, se basa en la oxidación con exceso de dicromato potásico en presencia de ácido sulfúrico, con calentamiento espontáneo por dilución del sulfúrico, valorando por retroceso con sal ferrosa. Sólo se oxida la fracción más activa de la materia orgánica total, excluyéndose todo el carbono elemental, la fracción húmica más polimerizada (huminas).
- Matraces Erlenmeyer de 250 ml, de vidrio *Pyrex.*
- Probeta de 50 mL.
- Bureta de 25 ó 50 mL.

- Reactivos

- Dicromato potásico 1N: desecar $K_2Cr_2O_7$ en estufa a 105 ºC durante una noche y disolver 49,05 g en agua destilada y añadirlo sobre un matraz aforado de 1,0 L enrasando con agua destilada.
- Ácido sulfúrico concentrado: H_2SO_4 de pureza del 96% (densidad = 1,84).
- Sulfato ferroso amónico (Sal de Mohr) 0,5 N: disolver 196,1 g de $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2{\cdot}6H_2O$ en 800 mL de agua destilada que contenga 20 mL de ácido sulfúrico concentrado y diluir hasta 1,0 L con agua destilada.
- Ortofenantrolina ($C_{12}H_8N_2 \cdot H_2O$): disolver 1,48 g de ortofenantrolina mono hidratada y 0,7 g de $FeSO_4{\cdot}7H_2O$ en 100 mL de agua destilada (viraje de verde a rojo).

- Procedimiento

Para oxidar la materia orgánica se deberá pesar entre 0,5 y 2 g de muestra molida y colocarla en erlenmeyer de 250 mL. Se añaden con bureta 10 mL de dicromato potásico, agitando suavemente durante 30 segundos para asegurar la mezcla. Después de añadirán lentamente con una probeta 20 mL de ácido sulfúrico concentrado y se removerá lentamente con cuidado para evitar que el suelo quede adherido a las paredes del matraz. Esta última operación se deberá realizar preferiblemente en una vitrina con extractor de gases, donde se dejará reposar durante 30 minutos. Se realizará simultáneamente un ensayo de valoración en blanco (sin suelo). Tras el reposo, se diluirán muestra y blanco a 150 mL (aproximadamente) con agua destilada y dejándolos enfriar.

Se añadirán 15 gotas de ortofenantrolina y para la valoración se utilizará la bureta llena de sal de Mohr enrasada a cero, procediendo primero con el blanco para ver mejor el viraje del indicador. El color inicial suele ser anaranjado y se desplaza hacia verde, debido a los iones cromo, tornándose después hacia un verde más oscuro. En el punto final cambia bruscamente, con una gota, de este color a pardo-rojizo.

- Cálculo y expresión e interpretación de los resultados

El contenido en C orgánico y de materia orgánica se expresa en porcentaje en peso mediante la ecuación:

$$\%C = \left(1 - \frac{V_M \text{ mL Sal Mohr}}{V_B \text{ mL Sal Mohr}}\right) \cdot \frac{1}{P \text{ g suelo}} \cdot 10 \text{ mL dicromato} \cdot \frac{12 \text{ g C}}{4000 \text{ meq C}} \cdot \frac{1}{f} \cdot 100$$

V_B = volumen de sal de Mohr empleada en la valoración del blanco

V_M = volumen de sal de Mohr empleada en la muestra

P = peso de la muestra en gramos

f = factor de recuperación del método, considerando que se oxida el 77% de C orgánico presente en la muestra

Para realizar la conversión de carbono orgánico a materia orgánica, se ha de multiplicar por el factor de Van Bemmelen, cuyo valor es de 1,72, que es deducido estadísticamente y supone que el 58% de la materia orgánica es carbono orgánico.

REFERENCIAS

1. C. Escolástico, J. Pérez, *Prácticas de Ecología (curso virtual)*, UNED, Madrid (2006).
2. J. Porta, M. López-Acevedo, R. Rodríguez, *Laboratori d'edafologia*, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona (1993).
3. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, *Métodos oficiales de análisis*, tomo III, Madrid (1994).

DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (MÉTODO MICRO)

Mª. Antonia Seijo García [a], Almudena Filgueira Vizoso [a], Eugenio Muñoz Camacho [a], Montserrat Iglesias Rivera [b]
[a] Departamento de Ingeniería Industrial II. Escola Politécnica Superior
Universidade da Coruña, c/Mendizábal s/n, 15403 Ferrol, A Coruña
[b] IES Canido, c/ Naventes S/N 15401Ferrol, A Coruña
maseijo@.udc.es

En esta comunicación se trata de dar una visión al alumno de la práctica de determinación de la materia orgánica, diferente al tradicional método de reflujo y que se caracteriza por la utilización de material de laboratorio de pequeño tamaño, así como de volúmenes de reactivo también reducidos. Esto redunda en un ahorro económico y de gestión de residuos, favoreciendo la gestión medioambiental.

1. OBJETIVO DE LA PRÁCTICA

La determinación de la demanda química de oxígeno (DQO) se utiliza para conocer la cantidad de materia orgánica, magnitud muy utilizada para valorar la carga contaminante presente en un agua. El objetivo de esta práctica es el de utilizar un método semimicro.

2. FUNDAMENTO DE LA PRÁCTICA

La DQO es uno de los parámetros más utilizados para cuantificar el contenido en materia orgánica de las aguas residuales, expresado como equivalentes de oxígeno, pudiendo considerarse como una medida aproximada de la demanda teórica de oxígeno, necesario para pasar los constituyentes orgánicos a productos inorgánicos.

La cantidad de oxígeno consumida para oxidar la materia orgánica contenida en un agua residual se mide utilizando un agente químico oxidante fuerte (dicromato potásico) en medio ácido (sulfúrico). El ensayo debe realizarse a temperatura elevada (150 ºC), utilizando un catalizador de sulfato de plata para facilitar la reacción. El dicromato es reducido por las materias oxidables presentes según la reacción general siguiente:

$$\left[C_xH_yO_z\right] + Cr_2O_7^{2-} + H^+ + Q \longrightarrow Cr^{3+} + CO_2 + H_2O \quad \text{[no ajustada]}$$

Se somete la muestra a una digestión con exceso de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$). Después de la digestión, el dicromato no reducido se determina por valoración con sulfato ferroso amónico (FAS).

3. MATERIAL Y REACTIVOS NECESARIOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

a) Tubos de digestión. Han de ser de vidrio Pyrex de 16 x 100 mm, con tapones de rosca de teflón o baquelita, cubriendo en este último caso la parte superior y rosca del tubo con cinta de teflón.

b) Estufa o baño termostático que asegure el mantenimiento estable de la temperatura de operación (150 ºC).

c) Bureta de 50 mL.

d) Matraz Erlenmeyer 100 mL.

e) Dos matraces Erlenmeyer de 25 mL.

f) Probeta de 100 mL.

g) Pipeta de 5 mL.

h) Pipeta de 10 mL.

i) Cinta de teflón.

j) Solución catalítica de sulfato de plata en ácido sulfúrico concentrado (comercial).

k) Solución indicadora de ferroína (comercial).

l) Solución de dicromato potásico patrón 0,0167M (estable durante un mes).

m) FAS: Solución valoradora de Sulfato ferroso amónico 0,10M.




Figura 1. Comparación de tamaños de los matraces y de los tubos de digestión del método de reflujo (en base soporte) y de los del método micro (en gradilla).

4. PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA LA REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

a) Colocar 5 mL de muestra (con un valor de DQO < 900 mg/L, diluyendo si fuera necesario) en un tubo de ensayo.

b) Paralelamente se preparará un blanco con 5 mL de agua destilada, repitiendo todas las operaciones para la muestra y el agua destilada

c) Añadir a cada tubo 3 mL de solución digestora y 7 mL de solución catalítica, dejándolas escurrir lentamente por la pared del tubo, que se mantendrá inclinado, de forma que se separen dos fases.

d) Cerrar los tubos con el tapón roscado homogeneizando su contenido por agitación vigorosa y mantenerlos a 150 ºC durante 2 horas.

e) Finalmente, retirar los tubos y dejar enfriar hasta temperatura ambiente.

f) Valoración. Se pasa el contenido de los tubos a un erlenmeyer de 25 mL, lavando el tubo 2 ó 3 veces con agua destilada. Se añade una gota de ferroína y se valora con la solución valoradora de FAS hasta viraje de azul a rojo-naranja.



Figura 2 (izquierda). Matraces Erlenmeyer de la muestra y el blanco antes de la valoración.



Fig 3 (derecha. Cambios de color durante la valoración. El punto final se corresponde con la coloración rojo teja.

g) Valoración de la solución de SAF. Se diluyen en una probeta 10 mL de disolución patrón de dicromato en aproximadamente 100 mL de ácido sulfúrico 4,0 M

y se valora con la disolución cuya normalidad se quiere determinar. La disolución de SAF se valorará cada vez que se realicen determinaciones de DQO, puesto que su normalidad varía con el tiempo.

M (SAF) = Vol. de Dicromato x 0,0167x 6 /Vol. SAF

5. CÁLCULOS

El valor de la DQO viene dado por la siguiente expresión:

$$DQO \text{ (en mg de } O_2/L) = (B-A) \cdot M \cdot 8000/V$$

Donde:

B = mL de solución valoradora consumida por el blanco.
A = mL de solución valoradora consumida por la muestra.
M = molaridad de la disolución valoradora calculada.
V = volumen de muestra.

6. CUESTIONES A RESPONDER

6.1.- ¿Qué diferencia existe entre DQO y DBO?

6.2.- Explica de manera razonada por qué el volumen de SAF gastado en la valoración del blanco es superior al gastado en la valoración de la muestra.

6.3.- A la vista del valor de DQO hallado, ¿qué procedencia podría tener el agua residual?

6.4.- ¿Puede ser menor que la DBO? Justifica la respuesta.

REFERENCIAS

1. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*, S. Lenore *et al.* (20ª ed.), Ed. Wapha (1998).
2. F. Kemmer & J. McCallion *Manual del Agua. Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones*, McGraw Hill (1979).
3. C. Barraque *et al*., *Manual técnico del agua*, Ed. Degremont (1979).
4. J. Catalán Lafuente, *Depuradoras. Bases científicas*, Ed. Bellisco (1997).

CÁLCULO DE LA DOSIS Y PH ÓPTIMOS DE COAGULANTE EN UN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Almudena Filgueira Vizoso [a], ***Mª. Antonia Seijo García*** [a],
Eugenio Muñoz Camacho [a], ***Montserrat Iglesias Rivera*** [b]
[a] Departamento de Ingeniería Industrial II. Escola Politécnica Superior
Universidade da Coruña, c/Mendizábal s/n, 15403 Ferrol, A Coruña
[b] IES Canido, c/ Naventes s/n, 15401 Ferrol, A Coruña
maseijo@.udc.es

El objeto de presente comunicación es la realización de una práctica de laboratorio empleada en el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales. Una de las técnicas aplicadas para reducir la cantidad de sólidos en el agua es el tratamiento de coagulación, que tiene lugar por medio de coagulantes.

1. OBJETIVO DE LA PRÁCTICA

La coagulación consiste en la eliminación de una gran cantidad de sólidos que pueda contener un agua residual y que no puedan ser eliminados por una simple sedimentación debido a su tamaño de práctica demasiado pequeño. Llevaremos a cabo la unión de estas partículas en agregados mayores, más fácilmente decantables, por medio de un proceso de coagulación/floculación.

En el tratamiento de aguas residuales urbanas, con frecuencia es tal la concentración de materia en suspensión que puede conseguirse una floculación mediante simple agitación. Sin embargo, en aguas residuales industriales, y con el fin de favorecer la eliminación de la contaminación coloidal, puede introducirse un coagulante.

El inconveniente de este tratamiento es la generación de gran cantidad de lodos, por lo que con este ensayo pretendemos encontrar la dosis y pH que optimice el tratamiento y que reduzca al mínimo los costes ocasionados por la generación de lodos.

2. FUNDAMENTO DE LA PRÁCTICA

Se entiende por coagulación el proceso de desestabilización de los coloides (sólidos de tamaño comprendido entre 10^{-3} y 1 μm), eliminando las propiedades que los hacían permanecer en suspensión anulando las cargas eléctricas por medio de un electrolito de carga opuesta a la de las partículas coloidales (coagulante).Este proceso debe ser rápido.

La floculación consiste en agregar las partículas coloidales desestabilizadas; para ello, las partículas deben ponerse en contacto y debe haber algo que cree enlaces y mantenga el contacto. Lo primero se consigue mediante la mezcla y lo segundo

mediante la adición de floculantes (polímeros de cadena larga). El proceso de mezcla y floculación debe ser lento, con objeto de que no se rompan los coágulos.

Es habitual realizar preparaciones, suspensiones o soluciones, de los reactivos previamente a su dosificación. Esto se realiza en depósitos similares a los de coagulación, de un tamaño no muy grande y con agitación. Es de estos depósitos de los que tomarán las bombas de dosificación los reactivos.

Las dosis de reactivos se suelen expresar en mg/litro de agua a tratar. El "sulfato de alúmina" se prepara según la reacción:

$$Al_2(SO_4)_3 + 3\,Ca(HCO_3)_2 \rightarrow 3\,CaSO_4 + 2\,Al(OH)_3 + 6\,CO_2$$

Dosis: en clarificación, 10 a 150 g/m^3 (expresada en producto comercial) según la calidad del agua bruta. En tratamiento de aguas residuales, de 100 a 300 g/m^3, según la calidad del agua residual y la exigencia de calidad.

3. MATERIAL NECESARIO PARA LA REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

a) Aparato Floculador *"Jar-Test"*.
b) Vasos de precipitados.
c) Probeta de 100 mL.
d) Balanza analítica.
e) Pipeta de 20 mL.

4. REACTIVOS NECESARIOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

a) Coagulante: Sulfato de alúmina (10g/L).
b) Floculantes: Praestol aniónico y catiónico.
c) Disoluciones de HCl 5,0 N y de NH_3 8,0 N.
d) Material para determinación de sólidos en suspensión (SS).

5. PROCEDIMIENTO A SEGUIR EN LA REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

La realización de la dosis óptima la llevamos a cabo mediante los ensayos denominados "*Jar-Test*".

Este ensayo consiste en preparar una serie de coagulaciones y floculaciones con diferentes cantidades del reactivo a ensayar.

Los pasos a realizar serán:

a) Determinar el pH del agua a ensayar.

b) Se comienza por una dosis de 10 mg/L del coagulante Sulfato de alúmina. Se añaden cantidades crecientes a las jarras, dejando la primera sin añadir coagulante. Se agita la mezcla durante un minuto a 100 r.p.m., para homogeneizar y facilitar la

coagulación y posteriormente se agita a 50 r.p.m. durante tres minutos para conseguir la floculación.



Figura 1. Fotografía del floculador empleado.

c) Se levantan las palas y se deja decantar. Se mira la dosis de la primera jarra en la que se aprecia la formación de flóculos. Esa será la dosis óptima de coagulante.



Figura 2. Formación de flóculos.

d) Se procede a regular el pH óptimo de cada muestra hasta lograr tres diferentes, utilizando disoluciones de HCl 5,0 N o de NH_3 8,0 N, dependiendo del pH de la muestra original. En una jarra mantenemos el pH del agua residual bruta y en las otras el pH óptimo que nos indique el fabricante, por ejemplo entre 5,0 y 7,5 para el sulfato de alúmina, con esto podremos disminuir la dosis de coagulante.

e) Se añade la dosis óptima hallada al principio a las tres jarras y se agita la mezcla durante un minuto a 100 r.p.m.; pasado este tiempo, se agita a 50 r.p.m. durante tres minutos.

f) Se levantan las palas y se deja decantar la mezcla durante un tiempo entre 15 y 30 minutos.

g) Transcurrido este tiempo, se toman 20 mL de muestra sobrenadante de cada uno de los vasos de precipitados y se determina la DQO y la turbidez (mediante la determinación de los Sólidos en Suspensión, SS, en mg/L).

h) Con esto se pretende comparar la eficacia de los tres pH para eliminar la carga contaminante, los sólidos en suspensión totales y sólidos en suspensión volátiles (SSV) del agua residual

Una vez determinados los SS, se realiza la representación gráfica de estos valores frente a los valores de pH, obteniéndose una representación con un mínimo que corresponderá al pH óptimo para el coagulante ensayado.

6. CUESTIONES A RESPONDER

6.1. ¿A qué tipo de agua residual aplicarías un coagulante? ¿Qué parámetro físico-químico le influye?

6.2. Construir una tabla con los valores de SS y pH.

	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3
pH SS (mg / L)			

6.3. Representar estos valores y calcular el pH óptimo.

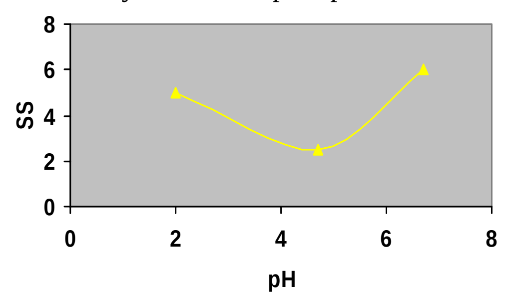


Figura 3. Ejemplo de gráfica para determinar el pH óptimo: en ordenadas se representan los sólidos en suspensión (en mg/L) y en abscisas el pH.

6.4. Explica de manera razonada la variación de los valores hallados de sólidos en suspensión con el pH óptimo

REFERENCIAS

1. *Flocculation, Sedimentation & Consolidation*, B.M. Moudgil (Ed.) (1986).
2. *Chemistry of the solid water interfase*, Werner Stumm (1992).
3. F. Kemmer, J. McCallion, *Manual del Agua. Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones*, McGraw Hill (1979).
4. C. Barraque *et al*., *Manual técnico del agua*, Ed. Degremont (1979).

ACERCANDO LA QUÍMICA A LOS INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN

Mª. Cristina Rivero Núñez* [a]*, Mª. José Melcón de Giles* [a]*,
***Francisco Fernández Martínez* [b]**
[a] E.T.S.I.Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid
Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid
[b] E.U.I.T.Industrial, Universidad Politécnica de Madrid
crivero@etsit.upm.es

Se ha preparado una asignatura de libre elección, "Laboratorio de Espectroscopía de la Materia Condensada", intentando acercar la Química a los futuros ingenieros de Telecomunicación que consideran, en algunos casos, una materia ajena a sus intereses. Para ello se ha buscado que sea una asignatura de laboratorio y aplicada a casos directamente relacionados con la carrera. Además, se tratan de aplicar las directrices de adecuación al *Espacio Europeo de Educación Superior* intentando que la formación de los alumnos sea integral, y que adquieran no sólo conocimientos sino también habilidades.

1. INTRODUCCIÓN

Se va a desarrollar, a grandes rasgos, uno de los bloques que componen el temario, el de Espectroscopía de Rayos X, indicando los objetivos tanto cognitivos como competenciales (1) que se esperan alcanzar en cado uno de los pasos, así como el método de evaluación y otras actividades dirigidas a completar la formación de los alumnos.

2. DESARROLLO DE LAS CLASES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

Objetivo: Aumentar la capacidad para adaptarse a nuevas situaciones.

La asignatura se divide en clases teóricas y de laboratorio. Las primeras se imparten en la ETSIT y las sesiones prácticas en la EUIT Industriales; así los alumnos deben trabajar en otra Escuela y en otro entorno.

Objetivo: Conocer los fundamentos teóricos de los métodos de análisis instrumental que se van a emplear (rayos X, ultravioleta-visible e infrarrojo).

En las sesiones teóricas, de forma no muy extensa, se explican los fundamentos de la espectroscopía de rayos X (2) haciendo hincapié en los fenómenos de difracción y en la ley de Bragg.

Objetivos: Entrar en contacto con los laboratorios de análisis y conocer los mínimos de seguridad e higiene en un laboratorio.



Figura 1. Aspecto exterior del equipo.

En los laboratorios de la EUITI los alumnos tienen acceso al difractómetro de Rayos X. En la Figura 1 se observa la carcasa blindada exterior del equipo, controlada mensualmente mediante la medición de posibles radiaciones emitidas al exterior. Se comprueba que ese valor es 0,00 mSV, siendo la dosis límite anual de 50,0 mSV. El nivel de registro mínimo es de 0,01 mSV, cantidad mínima detectable ya que registros inferiores no son significativos. En 5 años, la cantidad acumulada ha sido de 0,11 mSV.

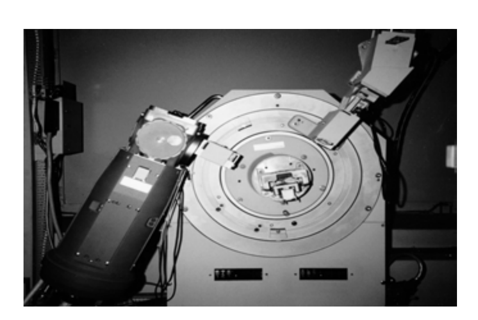


Figura 2. Fotografía con algunos elementos del difractómetro.

En la Figura 2 se observa cada una de las partes del equipo tal y como se presentan a los alumnos. A la izquierda está la lámpara, que permanece fija ya que el cableado impide su movimiento. Para recibir la radiación a diferentes ángulos es el portamuestras el que gira un ángulo 2θ. A la derecha está el monocromador de grafito y, ya fuera de la imagen, el detector. Los *displays* muestran el valor de los ángulos de incidencia. Los alumnos pueden así ver cada uno de los elementos del difractómetro que ya conocen de las clases teóricas.

Los objetivos que se planten (3) son:

- Aprender a utilizar diferentes espectrógrafos.
- Aplicar diferentes métodos de análisis.
- Comparar técnicas analíticas.
- Conocer las ventajas e inconvenientes de cada una y, por tanto, aplicar la más adecuada en diferentes casos.
- Utilizar medios informáticos (*hardware* y *software*).

Estos objetivos se plantean porque, en el futuro, los estudiantes de la ETSIT pueden tener que trabajar con diferentes tipos de materiales, y las prácticas desarrolladas están orientadas a ello. Algunos ejemplos de las actividades del laboratorio son:

2.1. Diferencia entre materiales cristalinos y amorfos

Los alumnos, por las explicaciones teóricas y por otras asignaturas de la Carrera ya conocen la diferencia entre sólidos amorfos y cristalinos. El objetivo ahora es mostrar que los espectros de rayos X son también muy diferentes: para los cristalinos aparecen picos agudos que se pueden identificar claramente y para los amorfos son pequeños y anchos (Figura 3, espectro del cuarzo y de un plástico amorfo).

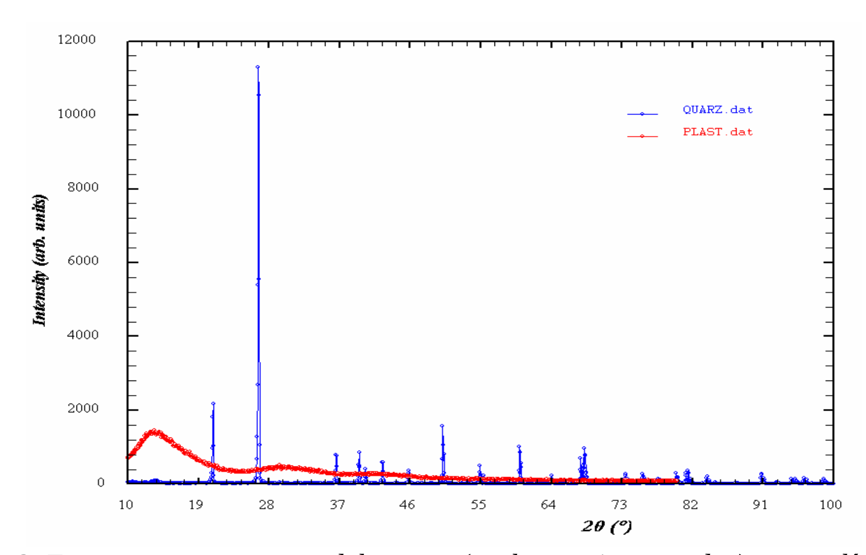


Figura 3. Espectros superpuestos del cuarzo (azul, con picos agudos) y un polímero amorfo (rojo, con halos en vez de picos).

2.2. Aplicación de la ley de Bragg

Cuando la longitud de onda de los rayos X es similar a la distancia interatómica, se puede aplicar la Ley de Bragg para identificar compuestos cristalinos; para ello es necesario que aprendan a utilizar las diferentes bases de datos de que se dispone y, a través de los valores de los tres picos más altos, por comparación con las tablas, se llega a su identificación.

La ley de Bragg permite también medir distancias interatómicas o ángulos entre planos, y ayuda a conocer la historia de un material. Si una antena (por poner un ejemplo típico de telecomunicaciones) recibe un golpe, la distancia entre planos y entre átomos crece o decrece, es decir, será diferente de la zona no golpeada. Además, una zona deformada tiene problemas de corrosión y se formarán óxidos que se pueden

detectar por análisis espectroscópico de rayos X. Por ejemplo, el espectro del aluminio con tratamientos diferentes tiene picos en las mismas posiciones pero con intensidades que varían notablemente (Figura 4).

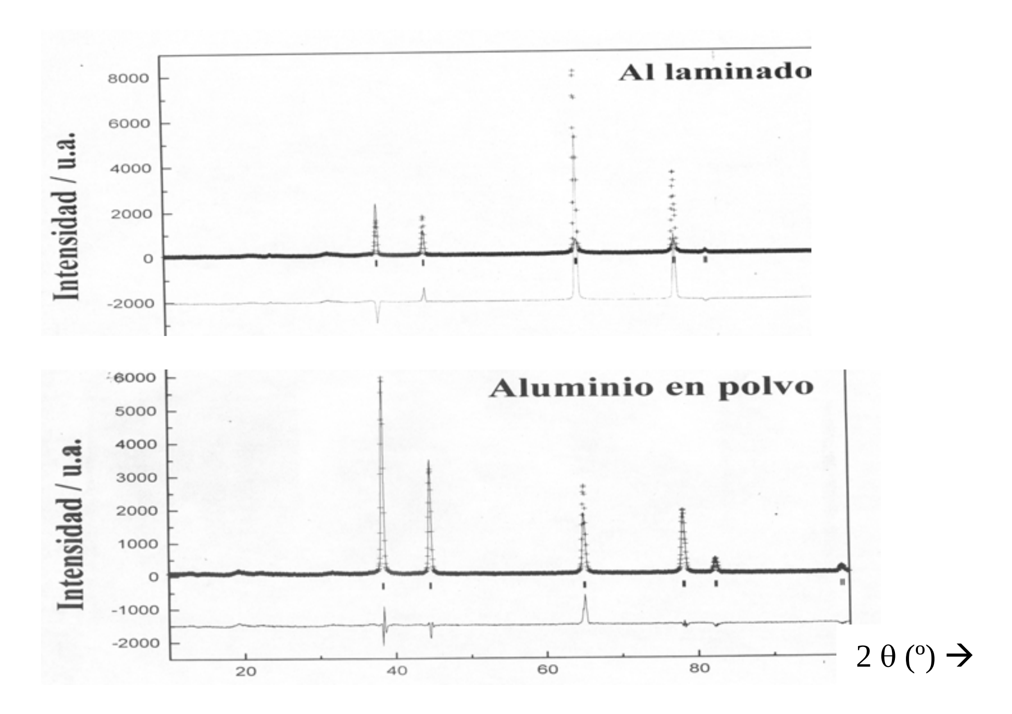


Figura 4. Espectro de rayos X del aluminio en dos condiciones diferentes.

Tanto los cristales de la naturaleza como los obtenidos en un laboratorio presentan defectos de varios tipos. Uno de ellos es el "centro F" que origina la aparición de color. Si se analizan KCl, NaCl y LiCl, se obtienen los mismos diagramas de rayos X pues estas sustancias son isoestructurales, pero los máximos de difracción están desplazados porque los parámetros de red son diferentes. Al mismo tiempo, los rayos X provocan la expulsión de electrones internos haciendo que otros ocupen vacantes. Esas transiciones, de la frecuencia del visible, causan la aparición de color ausente anteriormente y, como para cada sustancia la diferencia entre niveles energéticos es distinta, el color también lo es.

2.3. Aplicaciones más directas a los estudios de la ETSIT

Sobre Carbono diamante, aislante eléctrico y buen conductor térmico, se hace crecer Silicio dopado, obteniéndose un semiconductor con una gran capacidad de disipación térmica. La transformación del material se sigue con esta técnica mediante el análisis de los picos, altura, posición, etc., por difracción de rayos X.

Se puede reconocer un vidrio metálico, amorfo, con unas cualidades diez veces superiores a las de las galgas extensiométricas y sin contactos. El seguimiento del comportamiento de estos vidrios se realiza con rayos X.

En la actualidad, os nanomateriales están siendo objeto de toda clase de estudios. El grupo de investigación al que pertenecen los profesores de la asignatura está trabajando con nanoferritas (químicamente $ZnFe_2O_4$, materiales "casi amorfos") las cuales, frente a las ferritas clásicas (cristalinas, cuyo ciclo de histéresis es el de la Fgura 5), tienen un ciclo de histéresis que es prácticamente una línea (Figura 6) y, por tanto, el campo H es 0. Las aplicaciones de este tipo de materiales son múltiples, por ejemplo en núcleos de transformadores o en filtros de ondas. La Figura 7 muestra el espectro de rayos X de una de las preparaciones estudiadas junto con el de la ferrita clásica. La fecha de la investigación es muy reciente, buscando así despertar el interés del alumno al poner de manifiesto que no sólo son "prácticas de laboratorio" sino aplicaciones reales, de investigación y desarrollo en temas de actualidad

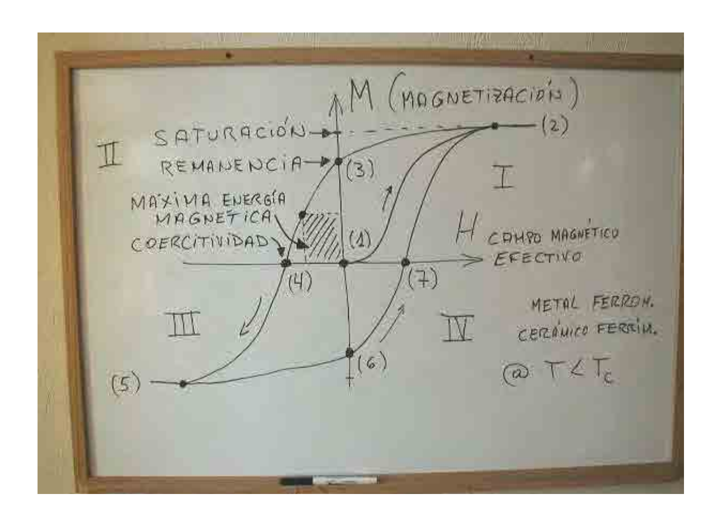


Figura 5. Ciclo de histéresis de una ferrita.

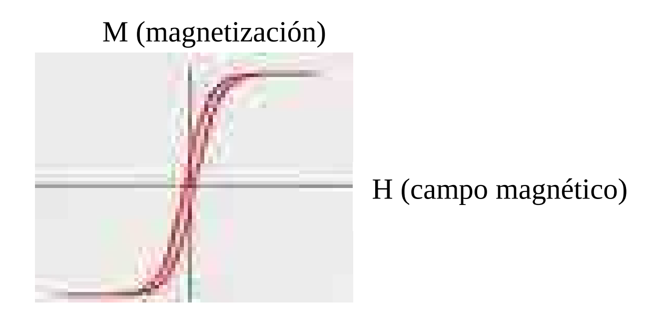


Figura 6. Ciclo de histéresis típico de nanoferritas.

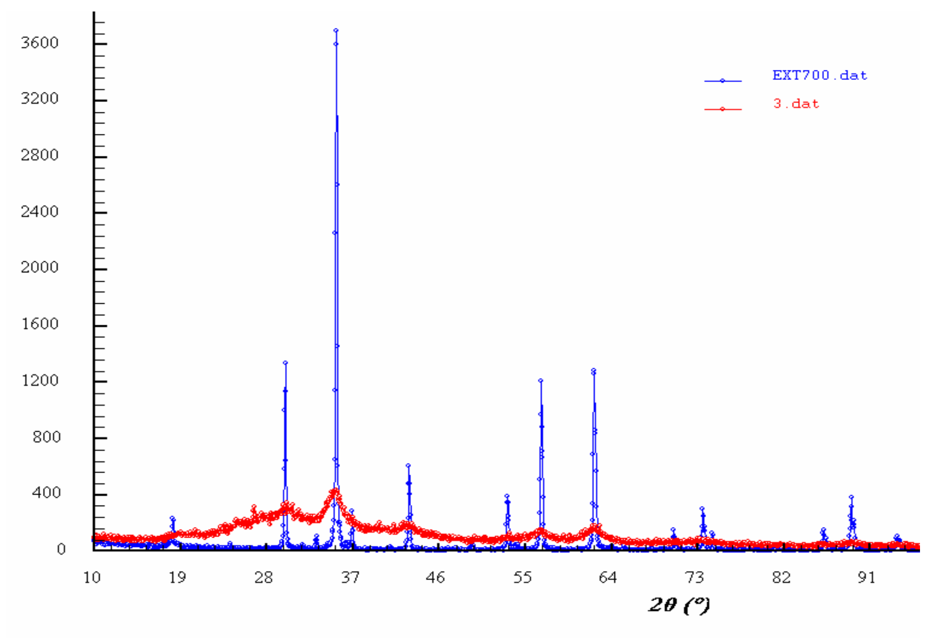


Figura 7. Espectros superpuestos de ferrita y nanoferrita.

3. EVALUACIÓN Y OTROS OBJETIVOS

La calificación del alumno se produce a través de evaluación continua en la que se consideran diferentes aspectos (4):

- Observación por parte de los profesores de su forma de desenvolverse en el laboratorio.

- Entrega de un guión de prácticas que elabora por parejas, tratando con ello de cubrir el objetivo de aprender a trabajar en equipo. Este guión reflejará todas las actividades realizadas en el laboratorio y contiene una serie de cuestiones de aplicación práctica de todo lo visto en el laboratorio que permiten evaluar si se han alcanzado los objetivos de la asignatura, particularmente análisis de problemas y resolución de los mismos (5). Sería el equivalente a un examen tradicional pero con la ayuda de cualquier material que necesiten.

- Visita a una empresa en la que se emplean algunas de las técnicas vistas en el laboratorio. Con esto se pretende que vean la relación directa entre lo que estudian en la Universidad y la Empresa. Deben además elaborar, ahora de forma individual, un informe sobre esta visita

- Asimismo, la evaluación se completa con un trabajo de aplicación de las técnicas vistas en clase, a ámbitos directamente relacionados con la Telecomunicación que deben exponer en clase. Con ello se busca que manejen las herramientas informáticas de búsqueda y de exposición, que fortalezcan el dominio del idioma (también en inglés porque deben incluir un resumen a modo de "*abstract*") y, por último, se enfrentan a tener que organizar una exposición oral.

4. CONCLUSIONES

El desarrollo de clases en las que los alumnos tienen una participación muy elevada permite que el aprendizaje de conocimientos y habilidades sea simultáneo. Las altas calificaciones alcanzadas sugieren, además, que es un estímulo para ellos. Sin embargo, esta forma de enseñanza exige un número reducido de alumnos así como una dedicación, tanto por parte del profesor como de los alumnos, incluso superior a la de una clase más tradicional.

REFERENCIAS

1. M.C. Rivero Núñez, M. J. Melcón de Giles, F. Fernández Martínez, Química para ingenieros. ¿Hacia Europa?, en *Didáctica de la Física y de la Química en los distintos niveles educativos*, G. Pinto (Ed.), Sección de Publicaciones de la ETSII-UPM, Madrid (2005).
2. J.Morcillo Rubio, J.M. Orza Segade, *Espectroscopia. Estructura y espectros atómicos,* 1ª ed., Ed. Alambra: Madrid (1972).
3. D. Skoog, F.J. Holler, T. Nieman, *Principios de Análisis Instrumental,* Ed. McGraw Hill, Madrid (2003).
4. B. Bloom, *Taxonomía de los objetivos de la educación. La Clasificación de las Metas educacionales,* Ed. El Ateneo, Buenos Aires (2000).
5. A. Tapia, *Motivación y aprendizaje en el aula. Como enseñar a pensar,* Ed. Santillana, Madrid (2000).

Parte V

Miscelánea

QUÍMICA Y EL QUIJOTE

Emilio Iglesias Yuste
IES Jaime Ferrán, c/ Matalpino 22, Collado Villalba, 28400 Madrid
emilio.iglesias@educa.madrid.org

A través de textos que aparecen en la lectura del Quijote, se puede introducir distintos temas relacionados con la Química. Aquí recogemos algunos que nos dan pie para la enseñanza y aprendizaje de la misma. Estos textos acompañados de una realización experimental de lo que describen, pueden ser un gran aliciente para aficionarse con la asignatura además de descubrir su transversalidad.

1. INTRODUCCIÓN

Este recurso didáctico es un trabajo realizado para el cuarto centenario de la edición del libro de “El Quijote”, durante el curso 2004/05, con motivo de la actualidad del acontecimiento y para incidir en temas transversales.

Durante el año del centenario, pudimos trabajar el departamento de Lengua y el de Ciencias en este aspecto interdisciplinar, partiendo de una lectura como herramienta del lenguaje y para introducirnos en el de la Química, al que hay que ir habituando a los alumnos que se decantan por el estudio de las Ciencias físico-químicas.

Aunque no son muchas las escenas y situaciones propicias en las que se puede abordar el tema relacionarlo con la Química, volví a leer el Quijote completamente, disfrutando mucho más que la primera vez que lo leí, pero buscando aquellos aspectos que se podían tratar desde mi asignatura (tanto la Física como la Química). Pero para mi sorpresa, se me adelantó en publicar un trabajo sobre “La Física de Don Quijote” mi colega Antonio Joaquín Franco Mariscal (1). Como si nos pusiéramos de acuerdo, a partir de textos, en este caso del Quijote, referentes a la Química, hemos trabajado algunos aspectos interesantes para introducirnos en algunos temas, como iremos describiendo a continuación.

2. EL RECURSO DE UN TEXTO PARA LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Este recurso didáctico innovador que utiliza fragmentos de libros conocidos por el alumno de amplia actualidad y vigencia, como los que encontramos en la Literatura, en los libros de divulgación científica, en las revistas y en los periódicos son una buena herramienta para ayudar al alumno a desarrollar capacidades, contenidos, estrategias, procedimientos, y actitudes que debe adquirir un buen científico.

Si recorremos la amplia literatura de los libros de texto, no encontramos citas y textos científicos en el desarrollo de los temas. Lo que más, alguna cita al margen, debajo de la imagen del científico o algún texto de relleno o complementario al final de la Unidad o del tema que se ha tratado. Muchas veces yo he empezado el tema por el texto final descriptivo que incluyen ahora muchos libros de texto, lo que me ha

servido para introducir el tema. Pero no he visto hacer un aprendizaje científico a partir de un texto como si de un comentario de texto se tratara; no a un nivel literario, sino a nivel científico. Se puede hacer la observación de que se requiere cierto nivel de conocimientos y cierta preparación, y es cierto. Pero ante esta dificultad, mi respuesta es la de Don Bosco: “Lanzarnos al agua”. ¿Qué quiere decir lanzarnos al agua?, como aprendices, empezar y adquirir experiencia y soltura con la práctica.

Por ejemplo, coger un texto que hable de la digestión en el estómago y relacionarlo con el tema de la acidez y basicidad puede atraer sobre el alumno la atención de una forma especial, por lo interesante que le resulta tener un estómago que funcione bien.

Si queremos que los alumnos aprendan a soltarse en la nomenclatura y formulación y les entregamos un texto sobre la formación de las estalactitas y estalagmitas en las cavernas calcáreas, les dará pie para que se expliquen qué es lo que ocurre para que aparezcan esas columnas de abajo arriba y de arriba abajo, hasta incluso juntarse con el paso del tiempo, o se formen esas figuras tan grotescas que vemos en dichas cuevas.

No hay antología de textos para la enseñanza de la Química, una idea que lanzo y se podría hacer, como las hay en Historia, Literatura, idiomas, etc.

Trabajar con textos es algo innovador; además de la capacidad de reflexión que se adquiere con la lectura, aparece una capacidad de relación inmensa y una amplitud de compresión transversal, de la que tanto se ha hablado con motivo de las distintas reformas educativas.

De alguna manera, somos como “caballeros andantes” de la Ciencia: como Cervantes pone a Don Quijote de la Caballería, que la trata como una de las “Ciencias” más altas y sagradas por las cuales se deja todo y se pone uno a servirla, nosotros vamos a ir sobre aquellos textos del Quijote que nos sorprenden con algo que tiene que ver con la Química.

Podemos hacerlo de dos formas:

- Elegir un tema de Química que se trata en el libro, y llevarlo al aula: por ejemplo el tema del átomo, la palabra como tal y el uso que de ella hace Cervantes, ya que por entonces muy pocos eran los que la conocían.
- Buscar toda la Química que se puede encontrar en el texto y tratarlo en la clase.

Haremos ejemplos de ambos.

3. CONCEPTO DE ÁTOMO EN EL QUIJOTE

La palabra “átomo” la emplea Cervantes, al menos en el capítulo L de la segunda parte, pero en sentido literario: “*Dice Cide Hamete, puntualísimo escudriñador de los átomos de esta verdadera historia, que la tiempo que Gloria Rodríguez salió de su aposento...*”.

Este texto nos da idea del sentido en el que se empleaba la palabra en aquella época. Si bien ya se tenía noticia de la explicación de la composición de la materia de

Demócrito (justamente en la introducción a la Historia del concepto de átomo se puede hablar de este texto) como las partes más pequeñas e indivisibles de la que están hechos todos los cuerpos. Por eso el uso de la palabra como las partes más conspicuas, más secretas e internas, de donde sale la verdad de las cosas en la narración, es como la emplea Cervantes aquí la palabra. Nosotros también la usamos en distintos sentidos en el lenguaje corriente: Por ejemplo decimos: "no había ni un átomo de polvo", "no me hace ni un átomo de gracia", "no tiene ni un átomo de tonto", etc.

De esta manera podemos adentrarnos en el estudio del tema del átomo, explicar la formación de la palabra *a* = partícula privativa procedente del griego que niega y *tomos* = parte. De ahí deriva el nombre de las partes de una obra extensa como una enciclopedia de "X" tomos, por ejemplo un Diccionario, etc. Es muy distinto de los tomistas y atomistas, seguidores de la doctrina de Santo Tomás (tomismo) o no. Aunque sí está relacionado, por ser un sabio filósofo y teólogo de saber enciclopédico, y sus obras son muchos tomos también.

4. EL CURAR HERIDAS DE LOS CABREROS

En el capítulo XI de la primera parte se incluye: *"De lo que sucedió a Don Quijote con los cabreros, un pasaje para alegrar al más serio, tibio, triste y pesimista. La aventura de la cual Don Quijote salió malparado en una oreja, después que el zagal canta sus coplas de enamorado con el rabel, se quiere ir a dormir y Don Quijote le pide le cure la oreja que le ha herido el vizcaíno en el lance del capítulo anterior en el cual habla de los métodos curativos de los Caballeros andantes. Aquí un cabrero se le adelanta: " y tomando unas hojas de romero de mucho que por allí había, las mascó y las mezcló con un poco de sal y aplicóselas a la oreja, se la vendó muy bien, asegurándole que no había menester otra medicina y así fue verdad".*

Lo cierto es que Cervantes no vuelve a mentar la dicha herida y si no fue como dijo, él hace que lo sea.

Aquí este texto nos puede dar pie para muchas cuestiones aplicadas al aula como es el uso medicinal de las plantas[4].

Es muy recurrente este recurso, ya que se puede elaborar el remedio en clase o en el laboratorio y se puede hacer un trabajo de elaborar un mapa indicando los lugares donde se encuentran las plantas y luego un póster con todas las encontradas en la zona.

5. REDOMA DEL BÁLSAMO DE FIERABRÁS

Fierabrás, del que todo el mundo se acuerda si ha leído el Quijote, era un gigante sarraceno que se aplicaba la pócima a todas sus heridas y salía victorioso. En la historia caballeresca de *Carlomagno, Oliveros* cae mortalmente herido, bebe de este bálsamo y sana por completo. Al beberlo, se une lo que se ha partido o dividido en la

[4] El autor ha recopilado casi un centenar de plantas medicinales con su fotografía a color, nombre científico y vulgar, indicaciones, propiedades, uso y parte que se utiliza.

herida del combate. Este pasaje se encuentra en el capítulo X de la primera parte. Más adelante, en el capítulo XII, se habla de que “el sereno podía dañaros pues es tal la medicina que os ha puesto que no hay que temer de contrario accidente” (¿sabe el lector a qué sereno se refiere? al sereno de la noche, el relente o frescor de la noche, ya que duermen a la intemperie).

Más adelante en el capítulo XVIII le dice Sancho a Don Quijote: ... *“llama al alcaide de esta fortaleza y procura que se me dé un poco de aceite, vino, sal y romero para hacer el salutífero bálsamo, que de verdad lo creo menester ahora, porque me va mucha sangre de la herida que este fantasma me ha dado... él tomó sus simples,*[5] *de las cuales hizo un compuesto, mezclándolos todos y cociéndolos un buen espacio, hasta que le pareció que estaban a punto y lo puso en la alcuza, o aceitera de lata por no haber redoma. Luego dijo sobre la alcuza más de ochenta paternóster y otras tantas avemarías, salves y credos acompañados de cruz a modo de bendición. Hecho esto, quiso el mismo hacer experiencia de aquel bálsamo precioso que se bebió, de lo que se había cocido, casi media azumbre y apenas acabó de beber, empezó a vomitar, después a sudar y dormir por tres horas sintiéndose mejor, creyó había acertado en el bálsamo de Fierabrás”.*

6. AGUA BORATA (¿AGUA BARATA?)

El agua barata o borata, aparece en el capítulo XXIV de la segunda parte, pero por el que apostaba Don Quijote era por su bálsamo curativo, una cosa más que le convenció a Sancho para ser su escudero: si se ponía malo, le podía curar, por lo que le decía don Quijote, su señor, “se curaba toda herida”. Más adelante, antes de llegar a éste capítulo en el de la venta y la ventera (*Maritornes*) se lo dirá de corrida a Sancho que no se percata mucho, ante la necesidad: *“cuando enfilan el primo de D. Quijote, D. Quijote y Sancho hacia la venta, Sancho que ha oído que cerca de allí hay un ermitaño, se va hasta allí buscando vino, pero la mala suerte le hizo que el ermitaño no estuviera, sino una Sotaermitaño. Pidieron le de lo caro (se refiere al vino) y respondió que su señor no lo tenía pero si querían agua borata, ella se la daría de muy buena gana”*. ¿Qué era este tipo de agua? ¿De qué está hecha? ¿Era agua barata?, o ¿era simplemente agua? Parece más un agua para quitar la afición al vino. ¿De qué estaba hecha? Podía ser un agua de limón, que a lo mejor tenía alguna sal disuelta o azúcar.

7. ALGALIA

En el Capítulo XXIV de la segunda parte, cuando se encuentran con un muchacho que va alistarse para la guerra, entre los consejos que le da Don Quijote dice: *“... al soldado mejor le está oler a pólvora que algalia, y que si a la vejez os coge en este*

---

[5] Se refiere a las sustancias simples de las que se compone el bálsamo de *Fierabrás*, que son aceite, vino, sal y romero.

hermosísimo ejercicio, aunque se llenó de heridas y estropeado o cojo, a lo menos no os cogerá sin honra, y tal que no os podrá menoscabar la pobreza". La algalia es un ungüento oloroso que se extrae de la bolsa que cerca del ano tiene el gato de *Algalia*.

8. FUEGO GRIEGO, PEZ

También relata Don Quijote en una de tantas descripciones en las que habla, bien con Sancho, bien con personajes con los que se encuentra, redondeando hermosas y valientes aventuras, de los innumerables libros de Caballería que ha leído. Así, en una gran batalla de los griegos empleaban este tipo de fuego como arma para cortar el paso de las embarcaciones. Consistía en producir llamas sobre las aguas para que no pudieran pasar los barcos enemigos. Se soportaban sobre materiales flotante, enganchados muy juntos y se depositaban grandes cantidades de pez y brea, que ardía con abundantes llamas impidiendo acercarse.

9. EL EFECTO DE LA SAL

Lo que cuenta Don Quijote haber visto en la cueva de Montesinos en el capítulo XXIII de la segunda parte: *"en la procesión de los sirvientes de Durandarte y Belerna encantados en la cueva y que ella llevaba el corazón ente los lienzos de su primo Durandarte. Montesino primo de Durandarte se encargó de sacar el corazón del pecho, limpiarlo y llevarlo a Francia y en lavándose las manos con las lágrimas de tantas y tanta sangre salida de sus entrañas, en el primer lugar que topó saliendo de Roncesvalles, eche un poco de sal en el vuestro corazón, porque no oliese mal y fuese, sino fresco a lo menos amojonado, a la presencia de la señora Belerna".*

Este efecto de la sal, tan socorrido para conservar a los adobos, la matanza, el tocino, el pescado, etc., sale también aquí en esta descripción patética de amores encantados que pierden el corazón.

10. VINOS Y SU CATA EN EL QUIJOTE

En la aventura del Caballero del Bosque y escudero, capítulo XIII de la segunda parte con Don Quijote y Sancho, dos caballeros y dos escuderos en la cumbre de la Caballería andante, los caballeros hablan de sus cosas. Los escuderos de las suyas: *"...yo traigo un despegador pendiente del arzón de mi caballo, que es tal como bueno... se la puso en las manos de Sancho el cual empinándola estuvo mirando a las estrellas por espacio de un cuarto de hora, y en acabando de beber, dejó caer la cabeza hacia un lado y dando un gran suspiro dijo:*

- ¡*Oh, hideputa, bellaco, y como es católico! Sancho.*

- *¡Bravo mojón!(Buen catador) respondió el del Bosque.*

- *¿No es bueno que tenga yo un instinto tan bueno, grande y natural en esto de conocer vinos, que dándome a oler cualquiera acierto la patria, linaje, sabor y las circunstancias al vino atañederas? No hay de qué maravillarse, si tuve en mi linaje*

por parte de mi padre los dos más excelentes mojones que en luengos años conoció la Mancha, lo cual les sucedió lo que más ahora diré: dieron les a probar el vino de una cuba pidiéndoles su parecer del estado, bondad y cualidad o malicia del vino. El uno lo probó con la punta de la lengua, el otro no hizo más que llegarlo a las narices. El primero dijo que aquel vino sabía a hierro y el segundo dijo que sabía a cordobán. El dueño dijo que la cuba era limpia, y que tal vino no tenía adobo alguno por donde hubiese tomado sabor de hierro ni de cordobán. Con todo esto se afirmaron los dos famosos mojones en lo que habían dicho. Anduvo el tiempo, viéndose el vino, y al limpiar de la cuba hallaron en ella una llave pequeña, pendiente de una correa de cordobán. Porque vea vuesa merced si quien viene desta ralea podrá dar parecer en semejantes causas".

Sabía a hierro (de la llave) y sabía a cordobán (cuero del que estaba colgada la llave que era el mismo sabor que el de los vinos de Córdoba, famosos por ser guardados en cueros).

11. HORNO DE VIDRIO

En el Capítulo VI de la segunda parte, habla de que el Caballero Andante no debe tener miedo de acometer gigantes que describe exageradamente y entre otras cosas dice en la descripción: *"... cada ojo como una gran rueda de molino y más ardiendo que un horno de vidrio".*

Se puede hacer la experiencia de calentar sílice para fabricar vidrio y ver el color que toma, para poder imaginar así los ojos del gigante. Esto se puede observar con un soplete sobre un crisol refractario. Y de ahí, poder imaginar cómo es un horno de vidrio como el que existe en la Fábrica de vidrio de la Granja en Segovia.

Más adelante sigue: *"y les ha de desbaratar aunque viniesen armados de unas conchas de cierto pescado que dicen son más duras que si fuesen diamantes y en lugar de espadas trujesen cuchillos tajantes de damasquino (de Damasco) acero, o porras ferradas*[6] *con puntas así mismo de acero como yo las he visto más de dos veces".*

12. ALQUIMIA

Más adelante dice que hay caballeros de oro y otros de Alquimia. Entonces era conocida esta actividad como falsificadora de las sustancias auténticas, empezando por la piedra filosofal.

13. CIENCIAS Y LETRAS

En cuanto a Ciencias y Letras, aunque ya están perfilados y separados los campos de ambas, Cervantes se pronuncia claramente hacia ello cuando dice en el Capítulo

[6] Estas porras (usadas por los romanos y otros pueblos antiguos) se pueden ver en Museos.

VII: *"por mi gusto desjarrete y quiebre la columna de las letras y el vaso de las ciencias."* Pero hay que prestar atención a las figuras que emplea: "*Columna*" para las Letras y "*vaso"* para las Ciencias. De lo cual habría mucho que decir.

14. ACEITE DE APARICIO

Este ungüento aparece en el capítulo 46 de la segunda parte; al final, cuando le gastan la broma de los cencerros y los gatos que saltan a su ventana: está tocando la vihuela con su hermoso romance y un gato se le queda agarrado a la nariz en la cara y no puede desprenderse de él; los duques van en su ayuda, le quitan el gato y le curan con aceite de *Aparicio*, que es un aceite para curar heridas inventado en el siglo XVI por *Aparicio de Zubia* y muy costoso por los ingredientes de que se compone, lo que ha originado el dicho popular: *"caro como aceite de Aparicio"*.

15. TÁNTALO

¿Sabía Cervantes que Tántalo al que cita junto a Sísifo, Ticio y Egión en el romance de Crisóstomo, enamorado perdido de una pastora, Marcela, iba a dar lugar a un elemento químico del grupo quinto junto al Vanadio y Niobio? Es curioso que estos tres elementos, con nombres mitológicos, se encuentren en el mismo grupo.

Copiamos el poema del Capítulo XIV de las aventuras con los cabreros:

"Venga, que es tiempo ya del hondo abismo
Tántalo con su sed; Sísifo venga
Con el paso terrible de su canto;
Ticio talla su buitre y ansimismo
Con su rueda Egión no se detenga,
Ni las hermanas que trabajan tanto
Y todos juntos su mortal quebranto
Trasladen en mi pecho y en voz baja
Si ya a un desesperado son debidas
Canten obsequias tristes, doloridas
Al cuerpo a quien se niegue aun la mortaja"

Aquí se puede contar el mito de Tántalo, castigado por los dioses a no poder alcanzar las frutas, ya que estaba en un lago donde, al querer alargar el brazo se hundía, y donde no podía beber agua pues al agacharse para beber, el nivel descendía. De aquí el "vaso de Tántalo" que se puede construir en el aula como un objeto que sirve para explicar los fenómenos de la presión hidrostática y que se puede presentar a los alumnos.

REFERENCIAS

1. A.J. Franco, *Alambique*, **2006**, Vol. 49, 114-123.

2. M. de Cervantes, *El Ingenioso Hidalgo Don Quijote de la Mancha*.
3. Clemencín, *Diccionario de la Caballería Andante.*
4. J. Pericay, *Progresa adecuadamente*.
5. M.S. Gutiérrez Julián, M.A. Gómez Crespo, M.J. Martín Díaz, *¿Es cultura la ciencia?*, en Membiela, Ed. Narcea (2000).
6. M.J. Martín Díaz, *Revista Iberoamericana de Educación*, **2004**, Vol. 33.

ANÁLISIS DE UNA EXPERIENCIA: PERFIL DE LOS ALUMNOS DE PRIMER CURSO DE LA E.U.I.T.I. DE LA UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO

Ángel Valea Pérez, Mª. Luz González Arce
Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente
Escuela de Ingeniería Técnica Industrial, Universidad del País Vasco (E.H.U.)
Plaza La Casilla, 3. 48012 Bilbao
iapvapea@lg.ehu.es

Las especiales circunstancias que confluyen en la Escuelas de Ingeniería Técnica Industrial, al confluir una duración teóricamente corta, con materias teóricas y aplicadas desde el primer curso, y el elevado fracaso escolar entre los alumnos procedentes de Bachillerato y Selectividad, nos motivó a realizar la presente experiencia con ánimo de conocer, desde la perspectiva de los alumnos, los hábitos de conducta en el estudio y los caracteres positivos y negativos que aprecian, para tratar de entender la causa del fracaso y tratar de mejorar su aprendizaje. El trabajo se ha enfocado desde la perspectiva de la Química y los sujetos objeto de estudio han sido los alumnos de la titulación de Ingeniero Técnico Industrial en las especialidades de Química Industrial y de Mecánica.

1. INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del llamado *Proceso de Bolonia*, de armonización de la enseñanza superior en el ámbito europeo, están siendo revisados los Planes de Estudio, los contenidos y las materias que los configuran, así como los aspectos procedimentales y actitudinales que los circunscriben. Por otro lado, y en compartimentos separados, se está asistiendo a una propuesta reformadora de los Planes de Estudio en Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O) y Bachillerato, después de los sucesivos intentos de modificación que han terminado con la derogada L.O.C.E. Las especiales circunstancias que confluyen en las Escuelas Universitarias de Ingeniería Técnica, tales como una duración teóricamente corta, coexistencia de materias teóricas y aplicadas al mundo industrial desde el primer curso, y el elevado porcentaje de alumnos que procedentes del Bachillerato y Selectividad que son incapaces de superar el primer curso, nos motivó a realizar la presente experiencia con ánimo de conocer, desde la perspectiva de los alumnos, cuál es su percepción de la realidad, ya que frecuentemente los enfoques educativos se suelen realizar desde la óptica de los profesores.

Según la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel y col. (1,2). Un alumno aprende un contenido cuando es capaz de atribuirle un significado, es decir cuando relaciona la nueva información con algún aspecto ya existente en su estructura cognitiva que sea relevante para lo que desea aprender. De aquí la necesidad de un

tronco sólido de conocimiento para poder "anclar" los nuevos conceptos. Esta teoría se confirma claramente en nuestros alumnos. Pero el pensamiento formal no sólo no es universal, por lo que precisa de instrucción para su desarrollo, sino que depende del contenido de la tarea. Esto hace que las ideas previas del sujeto, respecto a contenidos específicos, cobren especial relevancia. Las deficiencias en el razonamiento formal son una causa probable del fracaso en las Ciencias básicas (Matemática, Física y Química). Las tareas en estas materias exigen una considerable utilización del pensamiento formal, y si el alumno no ha alcanzado este estadio, recurrirá a ciertos "trucos" para resolver con éxito la asignatura, como aprenderse de memoria fórmulas o pasos a dar, con lo que no se producirá una verdadera comprensión. Algunos aspectos de las formulaciones de Vygotskii sobre la formación de conceptos y las características esenciales de la orientación constructivista de Driver (3) nos permiten concluir que:

- Lo que conoce el alumno tiene importancia con respecto a lo que se pretende que aprenda.
- Encontrar sentido a lo que se aprende supone establecer relaciones.
- Quien aprende construye activamente significados.
- Los estudiantes son dueños del proceso de su propio aprendizaje.

Con ser cierto que el conocimiento se construye por los propios alumnos, el profesor será el inductor del aprendizaje, favoreciendo desequilibrios, si existiesen, y haciendo que el alumno tome conciencia de sus limitaciones.

2. METODOLOGÍA

El estudio que se presenta en este trabajo se basa en un cuestionario desarrollado para ser pasado sobre 80 alumnos de la titulación de Ingeniero Técnico Industrial en la especialidad de Química Industrial (ITIQ) y 160 alumnos de la especialidad de Mecánica (ITIM) en cada año (en ambas especialidades se cursa la asignatura de Química en primer curso) y el objetivo era conseguir una forma de evaluación general de la tarea como docentes, con ánimo de descubrir oportunidades y debilidades, y por tanto adoptar medidas correctivas (4). La encuesta se realizó en base a 30 preguntas de tipo abierto que pertenecen a 4 bloques de significación: contenidos de la asignatura (9 preguntas), metodología (8 preguntas), profesorado (5 preguntas) y alumnos (8 preguntas). De todo el material recogido durante 3 cursos se ha realizado una agrupación seleccionando 12 áreas significativas sobre las que se aportan resultados estadísticos e interpretación. Estas áreas significativas son:

1) ¿Cuál es tu opinión sobre la importancia de la asignatura Química en los estudios de la EUITI?

2) ¿Cómo calificarías la base con la que has accedido desde el Bachillerato?

3) ¿Qué aspectos (matemáticos, físicos, interpretativos, etc.) presentan más dificultad?

4) Enuncia las razones por las que crees que hay un alto índice de fracaso escolar.

5) ¿La utilización de los medios audiovisuales la valoras positivamente?
6) ¿Es útil la formación de grupos de trabajo?
7) ¿Estudias sólo o en grupo?
8) ¿Cuántas horas, por término medio, sueles dedicar al estudio de la materia?
9) ¿Utilizas habitualmente la bibliografía recomendada?
10) ¿Por qué no sueles hacer uso de las tutorías?
11) ¿Intentas resolver los problemas propuestos en cada tema?
12) ¿Crees que tu forma de tomar los apuntes es buena?

La forma de presentar los resultados, que creemos más adecuada por su claridad es:

a) Reproducir la pregunta tal como se presentó al alumno en la encuesta.
b) Respuestas obtenidas, en forma porcentual, sobre el total.
c) Discusión de los resultados obtenidos y aclaraciones sobre aspectos relacionados con las preguntas.

Finalmente, como consecuencia de la imposibilidad de tratar estadísticamente algunos resultados de las preguntas propuestas, se hace un corolario de aspectos valorados positiva y negativamente.

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Sobre la Metodología

El método expositivo utilizado por la mayoría de los docentes, aunque mezclado con recursos pertenecientes a otros métodos, se traduce en cuanto a la sistematización del temario. El alumno así percibirá sistematización y orden, lo que le facilitará poder tomar buenos apuntes, aspecto fundamental para él.

Los aspectos más valorados son, además de esta sistematización, la amenidad, la claridad y la velocidad adecuada en las ideas y en la exposición.

Se considera positivamente la realización de un resumen de la última clase al comienzo de la siguiente, y la clara distinción entre clases de teoría de problemas o laboratorio (una razón que se desprende es que los alumnos perciben como más o menos importantes determinadas partes de la materia y hacen una distinción clara entre clases de teoría, problemas y laboratorio).

Se valora positivamente también el énfasis de los puntos mas importantes (puede ser que se interprete como una gratificación en sus apuntes) y se manifiesta interés por implicarse en procesos lógicos y mentales durante la clase.

Se consideran negativas la poca participación del alumnado (que se reconoce como escasa), la excesiva extensión del temario, los discursos del profesor y la excesiva y continua concentración necesaria para el seguimiento y toma de apuntes simultánea.

3.1. Acerca del Profesor

Se considera positivamente la puntualidad (entrada y salida) el orden, la claridad, la precisión y lo que los alumnos denominan “dominio de la materia”.

Se valoran también la predisposición para responder y aclarar dudas, el fomento del diálogo, la buena preparación de las clases, facilidad de palabra, cordialidad y respeto al alumno, además de la experiencia.

Muchos de estos aspectos se ven recogidos en una encuesta institucional anual de la Universidad del País Vasco (E.H.U.), configurada en base a 20 *ítems* que hacen los alumnos sobre la docencia de los Profesores, y sobre la que hemos hecho algunas comunicaciones previamente.

4. CONCLUSIONES

- El alumno de las EITI considera la Química como importante en sus estudios, aún a pesar de no tener una conciencia racionalizada de su papel posterior, tanto en el ámbito universitario como en su vida profesional.
- Casi la mitad de los alumnos se consideran preparados cuando acceden a la Escuela desde la enseñanza media, lo cual es, a nuestro juicio, una visión excesivamente optimista. Disponemos de resultados a encuestas de formación previa (en la asignatura Química) y no se corresponden con esta percepción personal.
- A la vista de los resultados de los exámenes, bastantes alumnos se presentan a la asignatura de Química y la superan, tanto en el caso de las titulaciones de ITIQ como en la ITIM.
- Alrededor del 50% de los alumnos manifiestan tener dificultades con los desarrollos matemáticos y en general con el pensamiento abstracto.
- De acuerdo con la opinión de los alumnos las causas principales de abandono de la asignatura son la dificultad intrínseca y la falta de tiempo para el estudio.
- El 75% del alumnado están satisfechos con la dinámica de que los apuntes los proporcione el profesor, aunque también con los apuntes que toman ellos mismos. Confiesan no consultar bibliografía adicional ni realiza problemas fuera de los proporcionados en clase.
- Un elevadísimo porcentaje de alumnos estudia en soledad y manifiesta su desacuerdo en la formación de grupos de trabajo en el aula.
- Hay una mayoría elevada que prefiere como medio expositivo la pizarra, dando un apoyo muy condicionado a los medios audiovisuales (por la dificultad en tomar apuntes y por el aumento del ritmo de las clases). No reconocen el valor de saber tomar apuntes.
- Manifiestan preferencias por la selección de contenidos que permita fundamentar los conocimientos que luego aparecerán en otras asignaturas. No se aprecia racionalización de aprendizaje para la vida profesional.
- Valoran positivamente el desarrollo matemático completo, posiblemente por la inseguridad de que son conscientes. Se debería intensificar la enseñanza en

Bachillerato -y posiblemente en ESO-. Esto mejoraría la capacidad de pensamiento abstracto y permitiría centrarse más en los conceptos fisicoquímicos.

- Es necesario hacer un esfuerzo de discriminación positiva para los aspectos teóricos y doctrinales de la asignatura. Los alumnos perciben que con aprender los problemas disponibles es suficiente. De este modo se le conduce al alumno hacia la mecanización y no hacia la comprensión.
- Las prácticas de laboratorio permiten el desarrollo de las habilidades y del trabajo en grupo, sin embargo deben vencer el lastre del modo de proceder de Bachillerato, donde han tenido que realizar la mera ejecución de una receta, sin posibilidad de desarrollo creativo personal.
- Es preferible un número incluso restringido de prácticas motivadoras a un gran número que no se puedan realizar de forma coherente.
- Es perentorio motivar la asistencia de los alumnos a las tutorías (individuales o en grupo) no sólo para resolver dudas sinon también para orientar sobre métodos de estudio y profesionalmente.
- La forma de evaluación debe combinar el mayor número de indicadores posibles, relacionados con el trabajo personal del alumno, respetando la objetividad.

REFERENCIAS

1. D.P. Ausubel, *La educación y la estructura del conocimiento*, Ed. El Ateneo Buenos Aires (1973).
2. D.P. Ausubel, J.D. Novak, H. Hanesian, *Psicología Educativa*, Ed.- Trillas, México (1983).
3. R. Driver, *Enseñanza de las Ciencias*, **1986**, Vol. 4(1), 3-15.
4. M.T. Martín Sánchez, M. Martín Sánchez, *Dificultad de los alumnos no universitarios en el cálculo matemático para el aprendizaje de la Física y la Química*, en G. Pinto (ed.), Didáctica de la Física y la Química en distintos niveles educativos, Sección Publicaciones ETSI Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (2005), pp.101.
5. J.C. Jiménez Sáez, M.J. Rosado Alija, R. Miranda García, *El retroproyector en la enseñanza de problemas de Física*", *Ibíd.*, p .141.
6. P. Ram, *J. Chem. Educ*., **1999**, Vol.76, 1122.
7. N. Sanmartí, *Didáctica de las Ciencias Experimentales en la Educación Secundaria Obligatoria*, Ed. Síntesis Educación, Madrid (2002).
8. J.D. Novak, D.B. Gowin, *Aprendiendo a Aprender,* Ed. Martínez Roca, Barcelona (1988).
9. W.A. Lanzig, *The concept mapping homepage*. Disponible en: http://users.edte.utwente.nl/lanzing/cm_home.htm.
10. L. Anderson-Inman, L. Zeitz, *The Computing Teacher*, **1994**, Vol.21 (8), 21-25.
11. P.R. Challen, L.C. Brazdil, *The Chemical Educator*, **1996,** Vol. 1 (5), 1-13.
12. J. Niemoth-Andersen *et al*., *Anuario Lat. Ed. Quím*., **1998**, Vol. 10, 185.
13. P.B. Kelter, C.M. Castro Acuña, *Ibíd.*, 2001, Vol. 13, 153.

14. R. Osborne, *Children's dynamics. The Physics Teacher* (1984).

FERTILIZANTES: SU IMPACTO EN LA AGRICULTURA Y EN EL BIENESTAR SOCIAL

Javier Pérez Esteban, Soledad Esteban Santos
Departamento de Química Orgánica y Bio-Orgánica, Facultad de Ciencias
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)
Senda del Rey, 9. 28040 Madrid
sesteban@ccia.uned.es

La escasez de abonos naturales fue siempre un problema para la agricultura. No será hasta mediados del siglo XIX cuando se le da una solución desde una perspectiva científica, al introducir Liebig la doctrina de la teoría mineral y de los abonos inorgánicos. Surge así una poderosa industria de fertilizantes sintéticos que contribuyó a superar en gran parte las deficiencias de alimentación del hombre. El estudio del tema de los fertilizantes, que conecta Química y Agricultura, ofrece ideas al docente para despertar en sus alumnos el interés por la Química y conseguir así de ellos un aprendizaje de la misma más activo.

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es reflexionar sobre el papel fundamental que en la vida del hombre juegan los fertilizantes y, en definitiva, sobre el de los procesos químicos que dieron lugar al gran desarrollo de los abonos sintéticos. Podemos definir la Agricultura como la actividad humana dirigida a producir alimentos vegetales mediante el cultivo de determinadas plantas. Es de importancia básica, como gran responsable, directa o indirectamente, de la alimentación de la humanidad. Y hasta mediados del siglo XIX fue la base de la economía de los pueblos.

En su desarrollo, las innovaciones tecnológicas y los métodos de cultivo han tenido una influencia decisiva. Pero no es menor la de los abonos empleados para tratar de restituir a las tierras los principios químicos extraídos por los cultivos, cuyo momento culminante ha sido la introducción de los abonos sintéticos. Y, a su vez, la Química ha jugado en este aspecto un papel totalmente protagonista. Por esta razón, la síntesis de fertilizantes constituye un capítulo de la Química al que el hombre debe un claro tributo o, al menos, un profundo reconocimiento.

2. ABONOS NATURALES

En la Prehistoria, en los tiempos del Neolítico, se produce el tránsito del hombre recolector al hombre cultivador. Va dejando de ser nómada y comienza a cultivar los campos próximos a su hábitat para tomar de allí su alimento en forma de las plantas que han crecido gracias a sus cuidados. Y, paralelamente al cultivo de los campos, empieza a criar animales.

Nace la agricultura. Desde entonces, lentamente, se van introduciendo nuevas técnicas y se mejoran las ya existentes, siendo uno de los momentos más significativos en la historia de la agricultura la invención del arado, del que van surgiendo distintos tipos (como fue el arado romano, con reja de hierro, una de las más importantes innovaciones). Asimismo, se introducen poco a poco nuevas formas de cultivar la tierra. No obstante, surge muy pronto una preocupación en el agricultor: el empobrecimiento progresivo de las tierras que cultivaba. Había que tratar de devolverles aquello que los productos cultivados les habían robado. Sin embargo, durante muchos siglos no se utilizan abonos, bien porque realmente no se conocieran, bien porque fueran muy escasos. No sólo en los primeros tiempos de la agricultura, sino también con griegos y romanos.

La falta de pastos ocasionada por las sequías estivales obligaba a los agricultores a enviar sus ganados a pastar a la montaña, con lo que se perdía su producción de estiércol durante gran parte del año. La precariedad del cultivo de la tierra daba lugar a una insuficiente producción no ya sólo de alimentos para el hombre, sino también de forraje, constituyendo este proceso un verdadero círculo vicioso del que fue muy difícil salir. La situación llegó a ser tal que, incluso, se llegó a prohibir en algunas zonas del Imperio Romano el sacrificio de terneras por necesidades agrícolas. Asimismo, se utilizaba como abono el estiércol de gallineros y palomares, hierbas y restos vegetales o bien cenizas de madera, de pastos secos y de rastrojos de cereales. Se conocía también la utilidad de enterrar en los terrenos de cultivo altramuces o las partes verdes de las judías (es decir, *abonos verde*s), y que el cultivo de leguminosas enriquecía las tierras. Otra medida de suplir la escasez de abonos consistía en dejar descansar las tierras por largos periodos de tiempo (barbecho). En la Edad Media la situación no cambió sensiblemente, ya que el estiércol sigue siendo precario, pero se empiezan a conocer los abonos minerales. Tal es el caso del empleo de la marga (roca sedimentaria con predominio de arcilla y sobre todo caliza).

No será hasta el siglo XVIII cuando se produce la Revolución Agraria. Se cultivan forrajes y raíces (como nabos y remolacha) en invierno, en lugar de barbecho. Esto tuvo una doble ventaja: por una parte, que las plantas forrajeras (trébol, alfalfa...) utilizaban como nutriente el nitrógeno del aire y, por otra, que se aprovechaba la tierra de cultivo durante todo el año. Aumenta así el alimento para animales, con lo cual se favoreció enormemente la cría de ganado, y con ello la producción de más estiércol. Comienza de esta forma una nueva era para la agricultura, cuyo nacimiento tuvo lugar en Inglaterra y Escocia y que se extiende, no sin dificultad, al continente europeo.

En el siglo XIX la población de Europa y Norte América crece considerablemente, lo cual da lugar a una fuerte demanda de cereales, base de la alimentación humana. Pero los suelos cultivables eran cada vez más pobres, tras un agotamiento secular de los principios nutritivos necesarios para el crecimiento de las plantas. A pesar de todo ello, en este siglo continúa el ascenso imparable de la agricultura, debido a tres factores fundamentales: la intensificación del drenaje, la invención de determinadas máquinas agrícolas (como la engavilladora mecánica) y, sobre todo, el descubrimiento de los abonos sintéticos (1).

3. ABONOS SINTÉTICOS

En 1804 el gran viajero y científico alemán Alexander von Humboldt (1769-1859) trae a Europa muestras del guano que desde tiempos precolombinos se utilizaba en Perú como abono. Importantes químicos del momento analizan estas muestras, así como las de otros abonos, y llegan a la conclusión de que para el desarrollo de las plantas no se necesita solamente oxígeno y luz, sino que se precisa también el alimento de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio. Comienza así la idea del papel que los minerales, y no ya sólo los abonos orgánicos naturales, pueden tener en el crecimiento de las plantas y, en definitiva, de todos los seres vivos. Y con ello nace también la idea de la relación de la química con la agricultura, es decir, de la química agrícola.

El primer antecedente es el científico alemán Albrecht Thaer (1752-1828), que en su obra *Principios de una Agricultura Racional* formula su "teoría del humus", según la cual los nutrientes para las plantas eran tan sólo agua y materia orgánica (2). Y poco después, en 1813, el gran químico inglés Humphry Davy (1778-1829) escribe el libro *Química Agrícola*. Inglaterra precisamente había experimentado un vertiginoso aumento demográfico a finales del siglo anterior, por lo que tenía una gran preocupación por la escasez de alimentos. Davy opinaba que las sustancias minerales podían llegar hasta las plantas pero a través del humus solamente, ya que era el único producto asimilable por aquéllas (3). Hacia 1840 se ensayan cultivos sobre los que se añadía huesos pulverizados tratados con ácido sulfúrico y, en 1842, el químico agrícola inglés John Lawes (1814-1900) registró una patente sobre un método de fabricación de "superfosfato de cal" a partir de fosfatos minerales, por tratamiento con ácido sulfúrico a fin de hacerlos asimilables por las plantas.

Sin embargo, quien da el paso trascendental fue el alemán Justus von Liebig (1803-1873), uno de los químicos más brillantes del siglo XIX y al que se considera el fundador de esta nueva disciplina. Su importancia se extiende a muy diversos campos de la Química, entre ellos en Química aplicada. Y tal vez sea este aspecto con el que más directamente haya influido en el bienestar de la humanidad, a través de sus estudios en agricultura y en Fisiología y por el que más deba ser recordado (4).

Para Liebig la Química era la Ciencia-madre que regiría todas las demás Ciencias de la Naturaleza. Y así ocurriría también con la agricultura. En 1840 publica el libro *Química Orgánica y su Aplicación a la Agricultura y Fisiología*, más conocido como simplemente *Química Agrícola*, obra que tuvo enseguida gran éxito y difusión, traducida rápidamente a varias lenguas. Liebig, en ella, se opone abiertamente a la teoría del humus, dominante en aquellos tiempos, y resalta el papel de los elementos minerales en la nutrición de la planta, o "teoría mineral". Las sustancias orgánicas de las plantas no se forman únicamente partiendo de otras sustancias orgánicas, sino de minerales. Afirma que los principales nutrientes de las plantas verdes, además del carbono, hidrógeno y oxígeno, son nitrógeno, potasio y fósforo (5). Otra de las grandes ideas contenidas en su libro es la de la asimilación del dióxido de carbono del aire, expresando así el proceso de fotosíntesis. Asimismo, formula la "ley del

mínimo", según la cual los rendimientos de las cosechas vendrían determinados por el nutriente que se encuentre en menor cantidad.

Sin embargo, Liebig cometió también grandes errores. Por ejemplo, en su idea de que el nitrógeno de la atmósfera era asimilable por las plantas y que no se necesitaba por ello añadirlo como fertilizante al suelo. Tuvo en este aspecto una violenta oposición, sobre todo por parte de químicos agrícolas ingleses.

También el aspecto práctico tuvo graves fracasos. Por ejemplo, en Inglaterra patenta junto con uno de sus antiguos alumnos algunos fertilizantes con la intención de sustituir al guano; pero, al utilizarlos, tan sólo se formó una dura costra sobre los terrenos, ya que eran insolubles. En cuanto a la necesidad del humus, aunque no es imprescindible para el crecimiento de las plantas, su presencia contribuye a mejorarlo sensiblemente.

Pese a todo, las ideas de Liebig dieron un enorme estímulo a la agricultura. Gracias a su tesón, vigor y poder de persuasión, logra convencer a los agricultores de los consejos prácticos contenidos en sus obras de agricultura. Además, promueve la investigación agrícola que pronto comienza a extenderse por Europa y sobre todo en Estados Unidos, y gracias también a él se incrementa enormemente la industria de fertilizantes, iniciada poco antes en Inglaterra. Por ejemplo, la ciudad alemana de Stassfurt, debido a sus minas, será el embrión de una importante industria de potasa que convierte a Alemania en el primer productor (6). Y en los inicios del siglo XX, con el descubrimiento del químico alemán Fritz Haber (1868-1934) de la síntesis de amoniaco utilizando el nitrógeno de la atmósfera, se abre una nueva era en la historia de los fertilizantes.

A partir de las ideas de Liebig, que dan un vuelco a los problemas de la "nutrición" de los campos, se incrementa la productividad agrícola, hasta tal punto que se pudo vencer en no pocos casos las hambrunas periódicas que sufrían muchos países europeos. Aunque, desgraciadamente, no pueda decirse lo mismo respecto a otras latitudes.

4. QUÍMICA Y FERTILIZANTES

Las plantas necesitan una serie de elementos químicos esenciales para su crecimiento, que se conocen como nutrientes. Se dividen en elementos *macronutrientes* y en *micronutrientes*, según que las plantas los requieran en altas o en muy bajas concentraciones. Carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre son macronutrientes esenciales para las plantas, mientras que los micronutrientes son boro, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc (y para algunas plantas también sodio, silicio, níquel y cobalto). De los macronutrientes, el carbono, hidrógeno y oxígeno son obtenidos por las plantas directamente de la atmósfera y del agua, mientras que los restantes deben conseguirlos del suelo. Cuando los suelos carecen de alguno de estos elementos esenciales, han de añadirse en forma de fertilizantes para que la planta pueda desarrollarse.

4.1. Macronutrientes deficitarios

Tal es el caso del nitrógeno, fósforo y potasio, ya que los suelos suelen carecer o ser muy pobres en ellos. Veamos algunas características de estos macronutrientes primarios y sus fertilizantes:

- **Nitrógeno**

Este elemento es un componente esencial de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila y otros constituyentes de los seres vivos. En cultivos su abundancia da lugar no sólo a mejores rendimientos, sino a productos más nutritivos. El nitrógeno más disponible para las plantas está normalmente como ion nitrato, NO_3^-, aunque algunas plantas (como el arroz) lo pueden tomar del ion amonio. Por otra parte, cuando se administra al suelo como ion amonio, las bacterias nitrificantes lo convierten en ion nitrato, con lo que ya es disponible para el resto de plantas. Hay que tener cuidado, no obstante, con el exceso en el suelo del nitrato asimilable, ya que ciertas plantas con contenidos excesivos de nitrato pueden resultar tóxicas para los rumiantes e, incluso, para el hombre.

Siendo la atmósfera tan rica en nitrógeno elemental, N_2, el ideal sería que se convirtiera en asimilable por las plantas. Esto es lo que se ha conseguido con la química, a través de la fabricación de fertilizantes nitrogenados por el proceso de Haber, pero antes de ello los agricultores lo conseguían mediante unos intermediarios, las legumbres o leguminosas. Éstas son plantas que contienen en los nódulos de sus raíces bacterias capaces de fijar el nitrógeno atmosférico (del género *Rhizobium*), con lo cual el cultivo intensivo con leguminosas deja enriquecidos los suelos con nitrógeno (según se ha calculado, unos 11 kg por hectárea y por año). En esto se basa la rotación de cultivos, alternando la siembra de leguminosas con plantas consumidoras de nitrógeno, proceso ya conocido y practicado tanto por los romanos como por las civilizaciones precolombinas de América.

El punto de partida de la fabricación de los fertilizantes nitrogenados es el método descubierto en 1908 por Haber (Premio Nóbel de Química en 1918). Se conoce como proceso Haber o también de Haber-Bosch, por el nombre del ingeniero que lo llevó a la práctica en una planta piloto. La primera etapa es la combinación de hidrógeno con el nitrógeno atmosférico, a altos valores de temperatura y presión (aproximadamente, 500 ºC y 1000 atm), empleando catalizadores, según la reacción:

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

Se obtiene así *amoniaco anhidro*, que se puede añadir directamente al suelo, aunque con grandes precauciones, por lo que es preferible disolverlo en agua para obtener el *agua amoniacal* (disolución al 30%). Sin embargo, es mucho más común preparar un fertilizante sólido, el nitrato de amonio, NH_4NO_3. Se obtiene primero ácido nítrico por oxidación del amoniaco sobre un catalizador de platino, según el esquema:

$$NH_3 \xrightarrow[\text{Ox.}]{\text{Pt}} NO \longrightarrow NO_2 \xrightarrow{H_2O} HNO_3$$

Y después se forma el fertilizante por reacción del ácido formado con más amoniaco:

$$HNO_3 \xrightarrow{NH_3} NH_4NO_3$$

También se preparan otros fertilizantes nitrogenados, siendo tal vez la urea, $(NH_2)_2CO$, el que más se utiliza actualmente. Asimismo, se usan también otros nitratos, como los de calcio, potasio o sodio (procedente mayormente de los yacimientos de Chile), fosfatos de amonio y sulfato de amonio (subproducto de los hornos de coque).

- **Fósforo**

La proporción de este elemento en la composición de las plantas no es alta, pero a pesar de ello su presencia es fundamental (membranas celulares, ATP, etc.). La especie disponible para los vegetales es como iones ortofosfatos, a valores de pH cercanos a 7, ya que en suelos ácidos suelen precipitar y en los alcalinos reaccionan con carbonato de calcio para dar una sal básica insoluble.

Hay grandes yacimientos de minerales de fosfatos en el mundo (Estados Unidos, en el Norte de África, etc.). Sin embargo, no suelen ser disponibles para las plantas, ya que el mineral principal, la fluorapatita, $Ca_5(PO_4)_3F$, es insoluble y no puede ser absorbida por las raíces. Por esto los fosfatos se han de tratar con ácidos (fosfórico o sulfúrico) para convertirlos en superfostatos, que ya sí son solubles.

- **Potasio**

Los papeles más importantes del potasio son participar en el equilibrio del agua de en las plantas, en la activación de algunas enzimas y en ciertas transformaciones de hidratos de carbono, por lo que es utilizado en niveles relativamente elevados.

Aunque el potasio es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre (representa el 2,6%), sobre todo formando parte de silicatos, no suele ser disponible para las plantas, ya que se encuentra fuertemente enlazado dentro de muchos de sus minerales. El más disponible es el potasio intercambiable retenido por ciertas arcillas. Por ello los fertilizantes de potasio son sales potásicas, normalmente cloruro de potasio. Tienen la ventaja de ser bastantes solubles en agua y se encuentran en grandes depósitos en Canadá y en Alemania, aunque también se obtienen de salmueras.

4.2. Micronutrientes

Las plantas sólo necesitan micronutrientes a niveles muy bajos; a niveles más altos suelen ser tóxicos. La mayoría de los micronutrientes son componentes enzimáticos. Muchos de ellos existen en la naturaleza en diversos minerales, bien como minerales específicos en algunos casos, bien sustituyendo isomórficamente a otros elementos (como el boro, el cobre o el cinc), coprecipitando con minerales secundarios o como inclusiones de sulfuros.

Los fertilizantes que se añaden a los cultivos contienen mezclas de los macronutrientes primarios nitrógeno, fósforo y potasio, y también se les suele agregar sulfatos, magnesio y micronutrientes. Su composición se designa por unos números, como sería genéricamente X-Y-Z, que representan el porcentaje de nitrógeno expresado como N (X%), el de fósforo como P_2O_5 (Y%) y potasio como K_2O (Z%).

Comparando el estiércol con los fertilizantes sintéticos, corresponde aproximadamente a un fertilizante que contuviera 0,5% de nitrógeno, 0,24% de fósforo y 0,5 de potasio (0,5-0,24-0,5). Pero debe sufrir un proceso de biodegradación, con el que se liberarían las especies inorgánicas simples, NO_3^-, $H_xPO_4^{x-3}$ y K^+, que ya las plantas pueden asimilar.

5. FERTILIZANTES Y MEDIO AMBIENTE

Los fertilizantes no son, sin embargo, la panacea, la varita mágica que todo los soluciona. En primer lugar, al sustituir el estiércol por los fertilizantes se privó al suelo de la materia orgánica que también contiene el estiércol. Esta materia orgánica da lugar al humus, que confiere al terreno una textura esponjosa que retiene mejor la humedad, evita la erosión y, sobre todo, mantiene el desarrollo de microorganismos que enriquecen los suelos. Y a la larga, la falta de materiales orgánicos degrada su calidad.

Pero hay además otros problemas. Tal es la mineralización excesiva de los suelos, que además se van haciendo más compactos cuando no se les adiciona materia orgánica. Pero, sobre todo, la *eutrofización*. Este fenómeno es una verdadera contaminación de las aguas debida a los fertilizantes y tiene lugar cuando se aplican éstos en exceso. Como llega un momento en que las raíces ya no son capaces de absorber más fertilizante, al ser lixiviado y arrastrado a las aguas superficiales y subterráneas el que queda en exceso, producen en éstas graves problemas en su flora y fauna.

En un principio cabría pensar que los nutrientes contenidos en estos fertilizantes serían beneficiosos para las aguas. Sin embargo, al llegar a lagos y ríos produce un crecimiento enorme de plantas acuáticas, algas sobre todo, biomasa que cuando se descompone consume gran parte del oxígeno disuelto en el agua, y del que ya los peces no pueden disponer para su crecimiento.

Esto es lo que ha ocurrido en la llamada “zona muerta” del Golfo de México, en la región que recibe la corriente del río Mississippi. Es una gran superficie de aguas eutrofizadas (que se incrementa aún más en verano), llegando en el año 2002, por ejemplo, a ocupar una superficie de unos dos millones de hectáreas (7). El uso excesivo de fertilizantes es causa, pues, de la muerte de los peces.

Es un verdadero problema ecológico, que junto con los debidos al uso de pesticidas, plaguicidas y otros agroquímicos ha dado lugar al lento surgimiento de una disciplina, la *agroecología*.

6. PERSPECTIVAS DIDÁCTICAS

El tema de los fertilizantes constituye un aspecto de la agricultura de un carácter marcadamente interdisciplinar, en el que la Química tiene gran peso pero participando también otras disciplinas, tales como: Agricultura, Biología, Microbiología, Geología, Tecnología, Ecología, Historia, Sociología o Economía.

Permite por ello mostrar a los alumnos:

- La conexión entre diferentes campos científicos.
- La conexión Ciencia-Tecnología-Sociedad.
- La conexión con problemas ambientales, invitando a la reflexión sobre ellos.

Asimismo, da lugar a la realización de actividades:

- Estudiar una serie de procesos químicos, escribiendo y ajustando las reacciones correspondientes (por ejemplo, las relativas a la síntesis de algunos fertilizantes).
- Realizar algunos experimentos relacionados con la química del suelo (determinación del pH, examen de la textura y aspecto físico de diferentes suelos).
- Examinar algunos minerales (aspecto y propiedades) relacionados con los fertilizantes, etc. y revisar su naturaleza química.
- Revisar las biografías de algunos grandes científicos (Liebig, Davy, von Humboldt, Haber...), en textos o en *Internet.*
- Búsqueda bibliográfica relacionada con algunos de los muchos aspectos de este tema (como algunos términos: lixiviación, eutrofización,...).
- Análisis y exposición de los datos encontrados en el apartado anterior.

Éstas y otras actividades sugeridas por el docente pueden contribuir a un aprendizaje más activo y eficaz de la Química en particular, y de la Ciencia en general.

REFERENCIAS

1. J. Luelmo, *Historia de la Agricultura en Europa y América*, Ediciones Istmo, Madrid (1975).
2. K. Scharrer, *J. Chem. Educ.*, **1949,** Vol**.** 26, 515.
3. B. Bensaude, I. Stengers, *Historia de la Química*, Addison-Wesley Iberoamericana Española, Madrid (1997).
4. J.R. Partington, *A History of Chemistry,* Macmillan&Co.Ltd, Vol.4, London (1961-1970).
5. G.W. Black, *J. Chem. Educ.*, **1978,** Vol**.** 55, 33.
6. W.J. Brock, W.H., *Historia de la Química*, Alianza Editorial, Madrid (1992).
7. S.E. Manahan*, Introducción a la Química Ambiental,* Ed. Reverté S.A., Barcelona (2007).

ESTUDIO Y CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE FASES Sn-Bi

José Luis Mier Buenhombre, Ángel Varela Lafuente,
Ana Isabel García Díez, Carolina Camba Fabal
Escola Politécnica Superior de Ferrol, Universidade da Coruña
Rúa Mendizábal s/n. Esteiro, 15403 Ferrol (A Coruña)
jlmier@cdf.udc.es

En el presente trabajo se muestra a los alumnos de Bachillerato y Formación Profesional la construcción del diagrama de fases Sn-Bi a partir de sus curvas de enfriamiento. Este sistema se caracteriza por la existencia de un eutéctico a 139 ºC para una composición de 57% de Bi. Dada su simplicidad y los bajos puntos de fusión que se alcanzan, representa un sistema ideal para familiarizar a los estudiantes con los diagramas de fases de aleaciones metálicas.

1. INTRODUCCIÓN

Un diagrama de fases de una aleación es la representación gráfica, a una determinada presión, normalmente la atmosférica, de los límites de temperatura y composición en los cuales una fase o fases son estables. Estos diagramas se determinan utilizando condiciones de enfriamiento lento con objeto de conseguir aproximadamente las condiciones de equilibrio que se obtendrían, hipotéticamente, a una velocidad de enfriamiento infinitesimal.

Los datos experimentales para construir un diagrama de equilibrio se pueden determinar por análisis térmico representando, para una determinada composición, la variación de temperatura de la aleación con el tiempo. Desde el punto de vista matemático esta variación se puede expresar por medio de la ecuación de Newton

$$T = T_0 + (T_i - T_0).e^{-kt} \qquad [1]$$

donde T_i es la temperatura inicial a la que se encuentra la aleación, T_0 es la temperatura del medio de enfriamiento en el que se introduce ($T_0<T_i$), T es la temperatura de la aleación en el tiempo t de enfriamiento y k es una constante que depende de la naturaleza de la aleación y del medio que la rodea. La pendiente dT/dt de esta curva en un punto determina su velocidad de enfriamiento. La curva de enfriamiento resultante puede mostrar cambios de pendiente relacionados con el desprendimiento o absorción de calor en los cambios de fase. Así, en los metales puros se obtiene una línea horizontal a la temperatura de solidificación debido a que coexisten las fases líquida y sólida del metal puro, por lo que el sistema es invariante y ello da lugar a que la temperatura sea constante hasta que se haya completado el cambio de fase. En las aleaciones eutécticas binarias, como la que se estudia en este trabajo, el comienzo de la solidificación se pone de manifiesto por un cambio brusco en la pendiente de la curva de enfriamiento. A medida que se añade soluto al metal base, la temperatura del comienzo de la solidificación de la aleación disminuye dando lugar en el diagrama de equilibrio a lo que se denomina línea de *líquidus* o de

comienzo de la solidificación. A partir de aquí, si se sigue bajando la temperatura, la aleación entra en una zona bifásica donde coexiste el líquido remanente con la primera fase sólida solidificada. El intervalo de temperaturas donde coexisten estas dos fases se llama intervalo de temperatura de solidificación. El final de la solidificación conlleva un nuevo cambio de pendiente en la curva de enfriamiento que da lugar a la línea de sólidus de los diagramas de fase.

En estos sistemas binarios existe una composición, denominada composición eutéctica, que solidifica a la temperatura más baja que el resto de composiciones de la aleación. Esta temperatura, que es la temperatura más baja a la cual la aleación puede estar en forma líquida se denomina temperatura de reacción eutéctica. La composición eutéctica y la temperatura de reacción eutéctica determinan un punto que se llama punto eutéctico. En este caso, se puede ver que, en un amplio intervalo de composiciones, la temperatura final del intervalo de solidificación (temperatura eutéctica) permanece constante y muestra un tramo horizontal como en el caso de los metales puros debido a que coexisten tres fases en el equilibrio, la fase líquida preexistente y las dos nuevas fases sólidas que forman el eutéctico, por ello el sistema es invariante y la temperatura es constante. En el punto eutéctico no hay intervalo de temperaturas de solidificación y sólo aparece en la curva de enfriamiento el tramo horizontal relacionado con la temperatura de reacción eutéctica.

Los porcentajes de fases por encima de la temperatura eutéctica a la izquierda del punto eutéctico (aleación hipoeutéctica) se calculan con las siguientes expresiones:

$$\%\ Fase\ Liq = \frac{X_i - X_A}{X_{liq} - X_A}.100 \qquad \%\ Fase\ Sol = \frac{X_{liq} - X_i}{X_{liq} - X_A}.100 \qquad [2]$$

y la derecha del punto eutéctico (aleación hipereutéctica)

$$\%\ Fase\ Liq = \frac{X_B - X_i}{X_B - X_{liq}}.100 \qquad \%\ Fase\ Sol = \frac{X_i - X_{liq}}{X_B - X_{liq}}.100 \qquad [3]$$

Si lo que queremos es calcular los porcentajes de fase proeutéctica (fase solidificada a temperatura superior a la eutéctica) y eutéctico por debajo de la temperatura eutéctica en una aleación es hipoeutéctica:

$$\%\ Fase\ Eutc = \frac{X_i - X_A}{X_{eutc} - X_A}.100 \qquad \%\ Fase\ A = \frac{X_{eutc} - X_i}{X_{eutc} - X_A}.100 \qquad [4]$$

y a la derecha del punto eutéctico (aleación hipereutéctica):

$$\%\ Fase\ Eutc = \frac{X_B - X_i}{X_B - X_{eutc}}.100 \qquad \%\ Fase\ B = \frac{X_i - X_{eutc}}{X_B - X_{eutc}}.100 \qquad [5]$$

Por último, hay bastantes sistemas de aleaciones binarias eutécticas que tienen componentes con solubilidad sólida limitada en cada uno de los otros metales. Estas zonas de solubilidad sólida limitada se llaman soluciones sólidas primarias o extremas por aparecer en los extremos de composición del diagrama de equilibrio. Las líneas que delimitan estas zonas de solubilidad se denominan líneas de *solvus* o de solubilidad.

2. EL SISTEMA Sn-Bi

El estaño es un metal que funde a 231.9 ºC y posee una transformación alotrópica a 13 ºC por la cual el Sn (α), estable a bajas temperaturas, se transforma en Sn (β). El Sn (α) tiene estructura cúbica centrada en el cuerpo tipo diamante y se denomina estaño gris, mientras que el Sn (β) tiene estructura tetragonal y se conoce como estaño blanco. En la práctica se supone que la temperatura ambiente en el laboratorio está por encima de esta temperatura y, por lo tanto, la transformación no tiene lugar. Por su parte, el bismuto metálico funde a 271,4 ºC y posee estructura romboédrica.

En el caso del sistema Sn-Bi existen tres soluciones sólidas:

- Bismuto con una solubilidad máxima de 0,1 % en peso de Sn a 139 ºC que se puede ver a la derecha del diagrama (figura 1)
- La fase β rica en Sn con una solubilidad máxima de 21% en peso de Bi a 139 ºC. Se puede ver claramente como disminuye la cantidad máxima de soluto que es capaz de disolver la fase β por debajo de 139 ºC siguiendo la línea de *solvus* correspondiente.
- La fase α rica en Sn que proviene de la transformación alotrópica del Sn (β) a temperaturas inferiores a 13 ºC.

Además este sistema se caracteriza por tener un punto eutéctico para un contenido en peso de 57 % de Bi a 139 ºC. Los extremos de la línea horizontal de reacción eutéctica delimitan las máximas solubilidades de las zonas monofásicas β y Bi que son de 21 % de Bi la primera y 0,1 % de Sn la segunda

3. PARTE EXPERIMENTAL

Las sustancias empleadas en la realización de la práctica fueron:

- Estaño metal en forma de granalla de la marca Panreac-Didactic.
- Bismuto metal en forma de agujas químicamente puro (QP) de la marca Panreac.

El instrumental utilizado fue:

- Hornillos eléctricos de placa blindada de 145 mm de diámetro con seis posiciones de temperatura.
- Para el control de la temperatura se usaron polímetros de la marca Hanna Instruments con un rango de medición de temperaturas entre -50 a 950ºC y una resolución de ±1º C.
- Cronómetro

Las aleaciones Sn-Bi preparadas contenían 0, 5, 30, 45, 70, 80, 90 y 100% en peso de bismuto. El peso total en todas ellas fue 100 g. Se prepararon introduciendo las cantidades correspondientes de Sn y Bi en crisoles de acero inoxidable que se calentaban en los hornillos hasta total fusión y mezcla de los componentes. Con objeto de obtener una composición homogénea de ambos metales en estado líquidos se solidificó y refundió la aleación varias veces antes de tomar las medidas definitivas de la curva de enfriamiento con el pirómetro, el cual se sumergía en la aleación fundida. Los datos de temperaturas se tomaron cada 15 s.

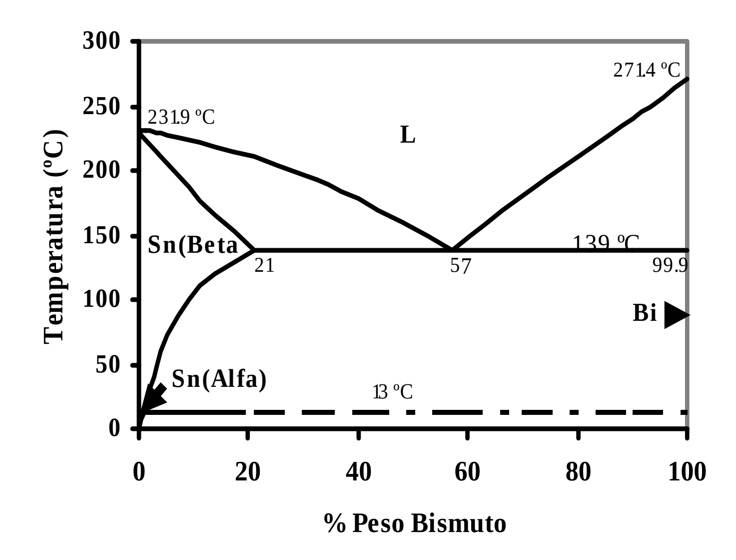


Figura 1. Diagrama de fases del sistema Sn-Bi.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se pueden ver las curvas de enfriamiento para las proporciones de Sn y Bi del apartado anterior. En la primera de ellas se puede observar claramente la temperatura de fusión del estaño metal por el tramo horizontal de la curva a 231 ºC. A partir de aquí, la adición de Bi trae como consecuencia la disminución de la temperatura de comienzo de la solidificación (línea de *líquidus*) que se puede ver en las curvas de enfriamiento por la disminución de la temperatura a la cual aparece el primer punto de inflexión cuando se aumenta el contenido de Bi (aleaciones 95Sn-5Bi, 70Sn-30 Bi y 55Sn-45Bi).

A partir del punto eutéctico dicha temperatura vuelve a aumentar (aleaciones 30Sn-70Bi, 20Sn-80Bi y 10Sn-90Bi) hasta llegar al punto de fusión del bismuto metal. La reacción eutéctica se muestra en la curva de enfriamiento como una isoterma a 139 ºC, siendo su tiempo de duración proporcional a la cantidad de eutéctico que se forma en la aleación. En la curva de la aleación 95Sn-5Bi se puede ver que el intervalo de temperaturas de solidificación empieza a 225 ºC y termina a 215 ºC,

aproximadamente, y que, en ningún momento, se obtiene un tramo horizontal lo que indica que todavía estamos a composiciones menores que la máxima solubilidad del Bi la fase β y que, por lo tanto, la reacción eutéctica no tiene lugar.

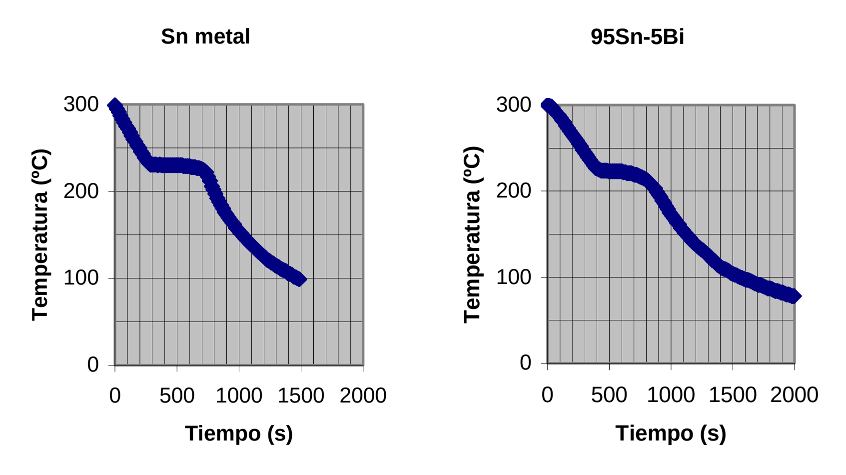
Con la aleación 70Sn-30Bi ya se puede ver la reacción eutéctica a 139 ºC con una duración del tramo horizontal de 90 s que aumenta en la aleación 55Sn-45Bi hasta los 255 s. Con la primera composición hipereutéctica 30Sn-70Bi se alcanza una duración de la isoterma de reacción eutéctica de 285 s para ir disminuyendo progresivamente en las aleaciones 20Sn-80Bi y 10Sn-90Bi. Cuando se enfría el bismuto puro, como en el caso del estaño, se obtiene una isoterma alrededor de 270 ºC que corresponde a su punto de fusión.

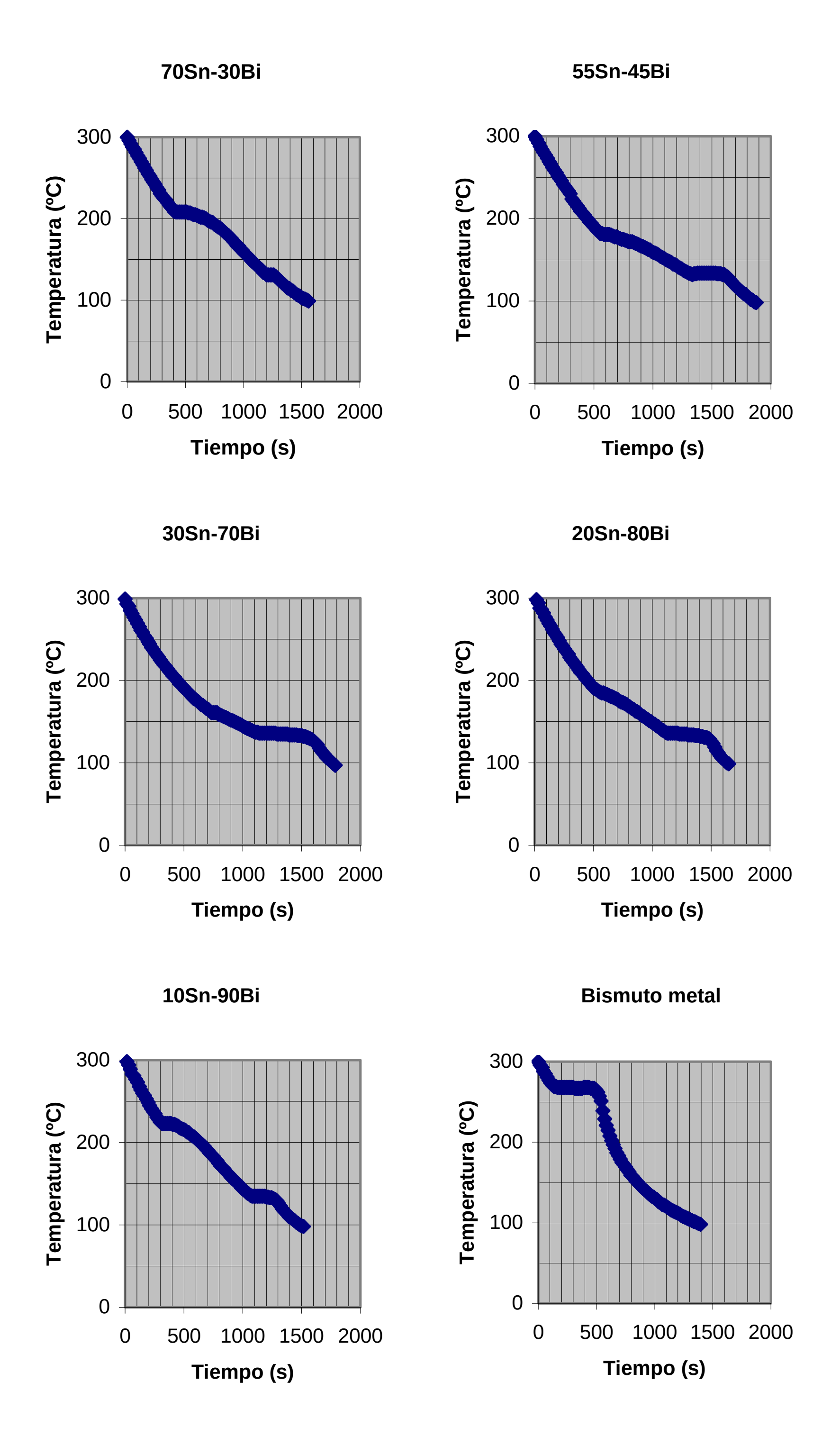
A partir de los tiempos de duración de la isoterma eutéctica es posible hallar aproximadamente la composición en peso del eutéctico y la máxima solubilidad de las fases β y Bi. Esto se realiza con el denominado triángulo de Tamman en el cual se representan los tiempos de duración de la isoterma eutéctica frente a la composición de la aleación binaria. En ella se obtienen dos rectas, una con los datos de las aleaciones hipoeutécticas y otra con los datos de las aleaciones hipereutécticas.

El punto de corte nos daría en abscisas la composición del punto eutéctico. Por otra parte, los cortes de estas dos rectas con el eje de composiciones darían los máximos porcentajes de Bi en la fase β y Sn en Bi.

Con los datos obtenidos en las curvas de enfriamiento se compuso la Figura 3, en la cual se obtuvo una composición eutéctica de 58% y una máxima solubilidad de 22 % de Bi en la fase β y menos de un 0,5 % de Sn en Bi por lo que se reproducen aproximadamente los valores del diagrama real Sn-Bi en esta práctica.

Figura 2. Curvas de enfriamiento para las aleaciones Sn-Bi ensayadas en el presente trabajo:




70Sn-30Bi
300
200
100
0
0 500 1000 1500 2000
Temperatura (ºC)
Tiempo (s)
55Sn-45Bi
300
200
100
0
0 500 1000 1500 2000
Temperatura (ºC)
Tiempo (s)
30Sn-70Bi
300
200
100
0
0 500 1000 1500 2000
Temperatura (ºC)
Tiempo (s)
20Sn-80Bi
300
200
100
0
0 500 1000 1500 2000
Temperatura (ºC)
Tiempo (s)
10Sn-90Bi
300
200
100
0
0 500 1000 1500 2000
Temperatura (ºC)
Tiempo (s)
Bismuto metal
300
200
100
0
0 500 1000 1500 2000
Temperatura (ºC)
Tiempo (s)

Por otra parte, a partir de los valores de inicio de la solidificación de la aleación (primer punto de inflexión en la curva de enfriamiento) se puede trazar las curvas de *líquidus*, tanto para la aleación hipoeutéctica como para la eutéctica que intersectan con la temperatura de reacción eutéctica en el punto eutéctico obtenido previamente por el triángulo de Tamman. La línea de *solidus* del extremo rico en Sn se entre el punto de fusión del Sn y el punto de mayor solubilidad del Bi en la fase β. Para ello, hay que tener en cuenta la temperatura de finalización de la solidificación de la aleación 95Sn-5Bi obtenida en la correspondiente curva de enfriamiento. Como simplificación, la línea de *solvus* de la fase β se dibuja como recta entre el punto A y el origen de coordenadas del diagrama, suponiendo, por lo tanto, que la solubilidad el Bi en la fase β es insignificante a bajas temperaturas.

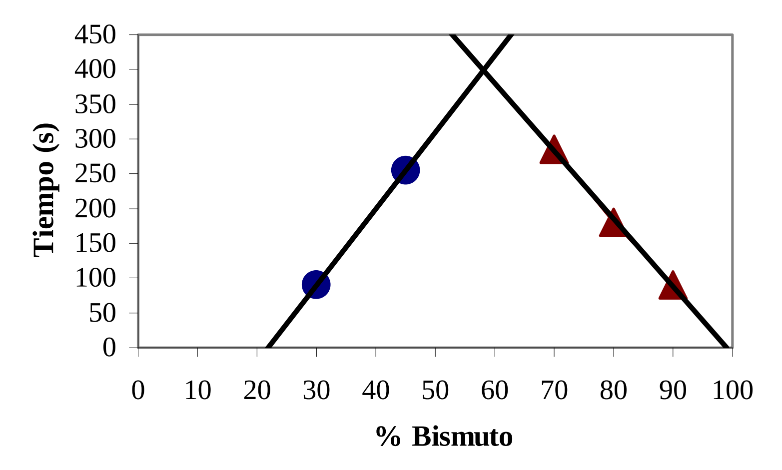


Figura 3. Triángulo de Tamman para las aleaciones del sistema Sn-Bi ensayadas.

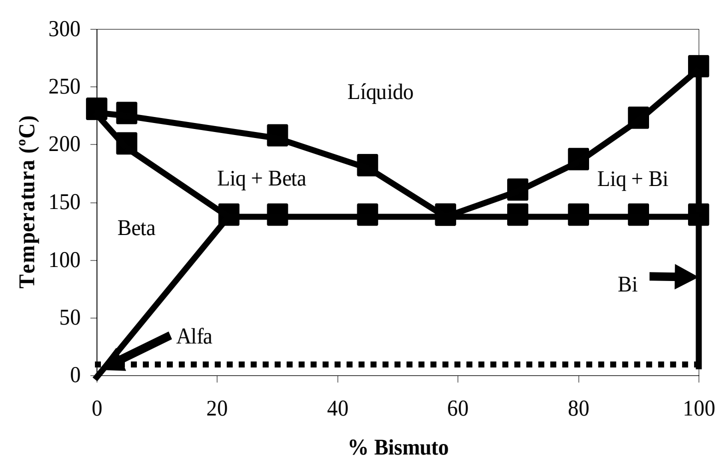


Figura 4. Diagrama de fases Sn-Bi construido a partir de los datos obtenidos con las curvas de enfriamiento y el triángulo de Tamman.

Con estos resultados se puede determinar las proporciones de fases y constituyentes de la aleación Sn-Bi a la temperatura eutéctica empleando para ello las ecuaciones [4] y [5]. Estos resultados se muestran en la Tabla 1. En ella la cantidad de Sn disuelto en Bi se ha considerado despreciable.

Tabla 1. Porcentaje en peso de los constituyentes y fases del sistema Sn-Bi a 139 ºC calculadas a partir del diagrama de fases obtenido con las curvas de enfriamiento.

Composición		Constituyentes			Fases	
Sn	Bi	Eutéctico	β proeutec	Bi proeutec	β	Bi
100	0	0	100	0	100	0
95	5	0	100	0	100	0
70	30	22.2	77.8	0	89.7	10.3
55	45	63.9	36.1	0	70.5	29.5
30	70	71.4	0	28.6	38.5	61.5
20	80	47.6	0	52.4	25.6	74.4
10	90	23.8	0	76.2	12.8	87.2
0	100	0	0	100	0	100

REFERENCIAS

1. ASM Handbook, Vol. 3, *Alloy phase diagrams*, ASM, Materials Park-Ohio (1992).
2. S.H. Avner, *Introducción a la metalurgia física*, Ed. McGraw-Hill, México (1988).
3. A. Varela, *Problemas de ciencias de los materiales*, Universidade da Coruña, A Coruña (2001).

PREPARACIÓN Y ESTUDIO DE ESPUMAS DE POLIURETANOS

Laura García Soto, Ramón Artiaga Díaz, Fernando Barbadillo Jove, Sonia Zaragoza Fernández
Departamento de Ingeniería Industrial II, Universidade da Coruña, c/Mendizábal s/n
15403 Ferrol, A Coruña. laurag@cdf.udc.es

El objetivo de esta práctica es el de familiarizar al alumno con el proceso de formación de un tipo de espuma flexible y comprobar, mediante análisis, sus características, fijando de esta manera los diversos conceptos del proceso de polimerización.

1. INTRODUCCIÓN

Los poliuretanos son una amplia familia de polímeros sintetizados por primera vez por la empresa Bayer, en 1.937, quien diez años más tarde presentó dos formulaciones de poliuretanos, el "*Igamid*" para plásticos y el "*Perlón*" para fibras sintéticas, apareciendo en los años cincuenta los recubrimientos de poliuretano. De esta forma, los poliuretanos surgen como un competidor para las poliamidas.

Además de las fibras textiles, pronto se fabricaron espumas de poliuretano, por adición de agua para formar dióxido de carbono que actúa como agente espumante.

Los poliuretanos son unos de los materiales poliméricos más versátiles. Tienen un campo de aplicación muy amplio: medicina, automoción, aislantes, calzado, alfombras, textil, mobiliario, pinturas, etc. La flexibilidad de su síntesis permite obtener una gran variedad de propiedades, por lo que tienen múltiples posibilidades de uso.

El término poliuretano puede llegar a producir confusión ya que muchas veces se usa por conveniencia y no se corresponde con las reglas de nomenclatura, ya que no son polímeros de un monómero de uretano. Los poliuretanos incluyen polímeros, conteniendo una gran cantidad de grupos uretano en la cadena del polímero.

Debido a su comportamiento a la llama y la posible emisión de gases tóxicos, el estudio de los gases emitidos y el uso de aditivos retardadores de llama son obligatorios en muchas de las aplicaciones de los poliuretanos.

Son múltiples los métodos de síntesis, por lo que es posible obtener una amplia gama de productos y de propiedades, así es posible obtener polímeros lineales o ramificados, materiales blandos o rígidos. Debido a esta versatilidad es por lo que encuentran aplicaciones muy variadas desde espumas, adhesivos, fibras, recubrimientos, resinas, elastómeros, etc. Constituyen una de las familias de plásticos más versátiles.

La síntesis de poliuretanos se basa en la reacción de los isocianatos orgánicos con compuestos con hidrógenos activos. En general, la unión uretano se produce por la reacción de un grupo isocianato con un grupo alcohólico:

$$R^1{-}N{=}C{=}O \quad + \quad R^2{-}OH \longrightarrow R^1{-}NH{-}C({=}O){-}O{-}R^2$$

isocianato alcohol uretano

Para obtener el polímero poliuretano deben usarse, al menos, dos monómeros (un poliisocianato y un poliol):

$$O{=}C{=}N{-}R^1{-}N{=}C{=}O \quad + \quad HO{-}R^2{-}OH \longrightarrow O{=}C{=}N{-}R^1{-}NH{-}C({=}O){-}O{-}R^2{-}OH$$

diisocianato diol monómero

En la polimerización, la unión de varios monómeros, genera el poliuretano:

$$n \quad O{=}C{=}N{-}R^1{-}NH{-}C({=}O){-}O{-}R^2{-}OH \longrightarrow O{=}C{=}N{-}\left(R^1{-}NH{-}C({=}O){-}O{-}R^2\right)_{n-1}{-}OH$$

poliuretano

Generalmente se utilizan tres monómeros:

- Un poliisocianato (di o polifuncional).
- Un macroglicol (di o polifuncional) de cadena larga y flexible.
- Un monómero de cadena corta que si es trifuncional, o más, se denomina entrecruzante (si es bifuncional es extensor de cadena).

Si en vez de polioles usásemos poliaminas, aunque de forma rigurosa los compuestos formados no serían poliuretanos, se les engloba dentro de esta denominación. El isocianato reacciona con la amina y forma enlaces urea sustituidos, que reaccionan con el agua formando ácido carbámico, que es un compuesto intermedio inestable que se descompone rápidamente con la formación de dióxido de carbono y una amina:

$$R\text{-}NH\text{-}COOH + H_2O \rightarrow R\text{-}NH_2 + CO_2$$

El gas formado es el que provoca la aparición del la espuma. Esta amina puede reaccionar con un exceso de isocianato para formar una urea disustituida:

$$R\text{-}NH_2 + R'\text{-}N{=}C{=}O \rightarrow R'\text{-}NH\text{-}CO\text{-}NH\text{-}R$$

Las reacciones de entrecruzamiento que pueden ocurrir son múltiples y dependen de factores como la temperatura, catalizadores, la estructura del isocianato, de los alcoholes y las aminas involucradas.

2. EXPERIMENTACIÓN

Se obtuvo una espuma de poliuretano según el métodos descrito a continuación. Posteriormente se caracterizó dicha espuma mediante análisis térmico simultáneo (DSC+TGA) con el fin de evaluar su estabilidad térmica y conocer su patrón de degradación.

I. Fabricación de la espuma de poliuretano: En un vaso de precipitados de 600 ml. de capacidad verter 100 g de un poliéster cuyo número de hidroxilo sea de 60 y 35g de una mezcla 65:35 de los isómeros 2,4 y 2,6 de toluen-disocianato, a continuación con una varilla de madera se remueve el contenido durante un minuto. A esta mezcla se le añade vigorosamente 1 g de N,N-dimetilbencilamina, 2g de una disolución acuosa del 50 % de Tween-80, 1 g de una disolución acuosa de Docecilsulfato sódico, 1 g de agua y 0,25 g de silicona. Se sigue removiendo durante al menos 20 segundos más y se vierte rápidamente la mezcla espumosa en un recipiente de 2 litros de capacidad, provisto de un forro de papel. Después de un minuto de expansión la espuma está prácticamente lista. Dejar reposar de 20 a 30 minutos, pasado este tiempo la superficie de la espuma no está muy “pegajosa” y ya se puede apreciar perfectamente la resistencia frente a esfuerzos mecánicos.



Figura 1. Espuma de Poliuretano.

II. Caracterización de la espuma de poliuretano: Para la caracterización de la espuma de poliuretano preparada según las instrucciones del apartado anterior se tomó una pequeña muestra de unos 12 mg que se depositaron en un crisol de aluminio, propio del analizador técnico simultáneo de la marca *Rheometric Scientific*.

La muestra, después de una isoterma a 25 ºC durante 5 minutos, fue sometida a una rampa de calentamiento que va desde 25 ºC a 600 ºC a una velocidad de 10 ºC por minuto, manteniendo un flujo de 50 mL/min de aire, para que arrastre los productos de degradación volátiles. Esta rampa ha sido diseñada para poder comprobar con claridad el proceso de descomposición de las espumas en función de la temperatura. El equipo registra tanto la masa, como el flujo de calor absorbido o desprendido por la muestra. Los resultados de esta experimentación se reflejan en la Figura 2.

3. CONCLUSIONES

- Hay una pequeña pérdida de masa a bajas temperaturas (menor de 100 ºC). Probablemente debido a agua u otros volátiles que pudieran quedar retenidos en la espuma.
- La degradación térmica propiamente dicha comienza a 216 ºC y transcurre en varias etapas. En la primera etapa, hasta los 443 ºC, se pierde un 74 % de la masa, con

un desprendimiento de calor tal y como se puede observar en la gráfica. En la descomposición posterior, que abarca el intervalo 443 ºC a 600 ºC. Se desarrolla probablemente en dos etapas, que se manifiestan en un cambio de pendiente en la curva TG y dos picos en la curva del flujo de calor.

- En la primera etapa de descomposición se observa que la curva del flujo de calor tiene dos picos, lo que podría indicar diversos procesos de descomposición solapados, no se han hecho análisis de estos productos de descomposición pero para el caso de otros poliuretanos se ha descrito que en esta primera etapa se desprenden hidrocaburos ligeros, benceno y tolueno.

- El segundo pico de la curva de flujo de calor se corresponde con la degradación del resto de los componentes de la espuma.

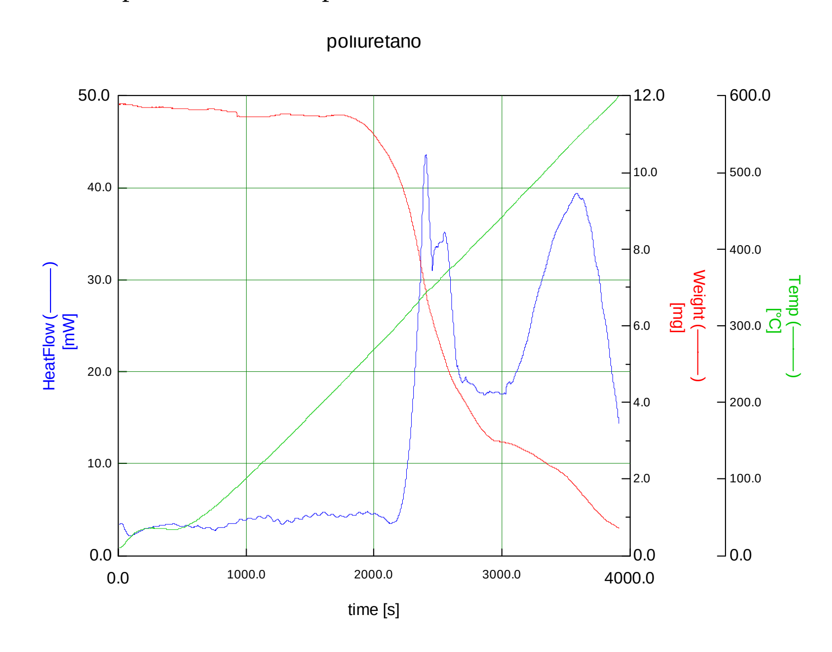


Figura 2. Resultados experimentales obtenidos en el STA (Ssimultaneous Thermal Analyser).

REFERENCIAS

1. R. Font, A. Fullana, J.A. Caballero, J. Candela, A. García, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, **2001**, 63-77.
2. *Polyurethane Handbook*, Ed. Günder Oertel (1993).
3. D. Braun, H. Cherdron, W. Kern, *Techniques of polymer syntheses and characterization*, Ed Wiley- Interscience, New York (1980).
4. J. Vega, M. Sibaja, M. Hernández, P. Alvarado, *Revista Iberoamericana de Poliuretano*, **2006**, Vol. 7 (2).

LA EVALUACIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO EN CONTEXTOS COMPLEJOS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE INDICADORES EN EL ÁMBITO DE LOS PROYECTOS EDUCATIVOS INTEGRALES (PEI)

José Miguel Abraham [a], Carlos Mauricio Castro Acuña [b], Paul B. Kelter [c], Gabriel Pinto Cañón [d]

[a] Proyectos CNM-PIEQ-LAE y 22Q/609
Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia y Facultad de Ciencias Humanas
Universidad Nacional de San Luis (UNSL), San Luis, Argentina
[b] Facultad de Química, UNAM, México D.F.
[c] Department of Teaching and Learning, Northern Illinois University, Estados Unidos
[d] Universidad Politécnica de Madrid, España
Proyecto de Educación Química: Filosofía Común y Programas Comunes a lo largo de Estados Unidos, México y Argentina
Av. Ejército de Los Andes 950, 5700 San Luis, Argentina
icuc_argentina@yahoo.com.ar

La evaluación que supone un proceso o conjunto de procesos en el ámbito de los Proyectos Educativos Integrales (PEI) supone, por su complejidad, considerar simultáneamente dos relaciones fundamentales para estos proyectos: docente-alumno-institución educativa-comunidad (DAIC) y la relación Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA). Ello se considera de capital importancia cuando el propósito es aportar a una Educación en Ciencia (particularmente Química) y tecnología útil al logro de un desarrollo sustentable, compatible e incluyente.

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación en el ámbito de los Proyectos Educativos Integrales (PEI) para Ciencia (particularmente Química) y tecnología, es considerada como un proceso complejo que supone la consideración simultánea de varios aspectos. El empleo de esta metodología para la evaluación responde a la necesidad de ir más allá de traducir los esfuerzos realizados por los estudiantes en una nota. Se pretende, al considerarla como un proceso complejo, contribuir al mejoramiento de la Carrera, de los programas, de las actividades de enseñanza y de aprendizaje, de los modos y maneras de relación entre el docente y los estudiantes, de los climas de trabajo para que la evaluación resulte una actividad estimulante y no punitiva (se pretende a través de la evaluación, mejorar a todos los actores, docentes, investigadores, estudiantes, a través de la propia evaluación). Los principales aspectos a considerar son:

✓ Los contextos: comunidad, sus necesidades de desarrollo y preservación del ambiente. El nivel de compromiso de la institución universitaria con su comunidad.

✓ Las carreras: su nivel de compromiso para la formación de profesionales y ciudadanos con valores y útiles para la transformación creativa de su comunidad.

✓ Los programas de las asignaturas: su pertinencia, basados en la estructura conceptual de la ciencia que le da soporte y en las necesidades e intereses de quienes a través de ellos se forman.

✓ Los docentes: su formación, y su capacidad para investigar en la propia práctica, su disposición entender la complejidad de los procesos de enseñanza y de aprendizaje en un contexto de valores vinculados al bien, la verdad, la justicia y la solidaridad, y de las actitudes asociadas a esos valores.

✓ Los estudiantes: la consideración de sus necesidades e intereses. Los prerrequisitos que deben poseer al momento de ingresar a una carrera y también al pasar de una asignatura a otra dentro de la misma. Su formación en valores, el estímulo permanente para potenciar sus motivaciones y vocación.

✓ El "clima de trabajo": se refiere al escenario cambiante en el que están inmersos los docentes y los estudiantes. La capacidad de aquéllos para generar los mejores modos y maneras de relacionarse con éstos a los efectos de evitar bloqueos emocionales que dificultan la comunicación, en consecuencia entorpecen los aprendizajes. La disposición permanente del docente para evaluar en momentos de "no prueba".

En el ámbito de los PEI para Ciencia y Tecnología se hace necesario para considerar todos estos aspectos macro de la evaluación, tener presente las relaciones docente-alumno-institución educativa-comunidad (DAIC), donde la parte "DA" de la relación se realiza a través del conocimiento y de la consideración de las necesidades e intereses de los estudiantes y en la segunda, relación Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA), la parte "SA" se explica considerar a la sociedad desde la perspectiva ambiental en sus dimensiones natural, social y humana. Estas dos relaciones (DAIC y CTSA) constituyen los ejes centrales de los PEI y orientan el desarrollo de todas sus actividades conformando una estructura especial (el tema científico elegido y sus implicaciones socio-económico-ambiental-cultural), y armónica (equilibrio entre las actividades teóricas, prácticas, de campo, etc.), de manera tal que ayuden a resolver situaciones concretas a nivel áulico y/o comunitario (según la extensión y característica del PEI en el que se está trabajando).

Estas consideraciones son necesarias para el diseño de la metodología de evaluación en el contexto de los PEI para Ciencia (particularmente Química) y Tecnología.

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO: LOS INDICADORES

Antes de comenzar con la descripción de la metodología de trabajo, es necesario hacer unas consideraciones previas: la evaluación en el ámbito PEI supone un proceso o conjunto de procesos para la obtención y análisis de la información relevante en el que pueda apoyarse un juicio de valor en esencialmente sirve como soporte de una toma de decisiones. Así pues, y en un contexto de respeto a los aspectos socio-

económico-ambiental-cultural, en todo acto evaluatorio se halla implícita la capacidad para cerciorarse del valor de la realidad educativa que es necesaria adecuarla a una instancia de referencia o criterio que en el ámbito PEI denominamos indicadores.

Trabajar con estos indicadores, entrando ya a la metodología general de trabajo implica la recolección, análisis, interpretación, codificación y expresión de la información relevante para describir la faceta evaluada. En otras palabras, supone la determinación de lo que se ha de evaluar (ámbito de la evaluación educativa) y de los procedimientos y formas de evaluación (instrumentos de medida, observación, análisis, etc.), siempre referidos al contexto que determina para cada caso la consideración permanente DAIC y CTSA. Para el caso que nos ocupa se trabajó en los últimos cinco años con alrededor de doscientos casos en los niveles de Grado y Postgrado realizados en la Universidad Nacional de San Luis, Argentina y en cursos dictados en otras Universidades del país y también se tuvieron en cuenta observaciones realizadas sobre los modos y maneras de trabajar en el campo de la evaluación de los practicantes de la carrera del profesorado en Química.

Los instrumentos utilizados son los siguientes:

- Cuestionarios, cuyos interrogantes plantean situaciones que contienen un problema

- Problemas acerca de contenidos específicos de la química en su relación con el desarrollo y el medioambiente.

- Resolución de situaciones problemáticas: solicitud de hipótesis y/o teorías para contribuir a resolver a partir de los contenidos específicos que aprende, situaciones concretas en su comunidad.

3. INDICADORES

A los efectos de averiguar el adecuado desarrollo intelectual integral de los estudiantes se utilizaron indicadores diseñados a tal fin para el contexto PEI y averiguar la capacidad integral de razonamiento de los alumnos en problemas complejos que forman parte de los PEI y que permiten no solo saber más acerca de cómo aprenden los estudiantes respecto a un tema especifico de la asignatura, sino también de las implicaciones socio-ambientales-económicos-culturales de los mismos.

La lista de indicadores utilizados son los siguientes:

3.1. Indicadores respecto al contexto

- Capacidad de análisis de la realidad socio-económico-ambiental en relación a entender el acercamiento o alejamiento de esa realidad respecto a un equilibrio posible entre naturaleza-humanidad-desarrollo científico-tecnológico-cultural.

- Determinación del nivel de compromiso con el tema (aspectos vinculados a responsabilidad, dedicación, puntualidad, actitud de servicio, etc.)

- Capacidad para el trabajo en equipo: disposición para considerar y escuchar al otro y logro de consensos.

- Actitud solidaria: aspectos vinculados a cooperación y generosidad permanente dentro del equipo de trabajo.
- Valoración de la recuperación de la capacidad propia de hacer.
- Comprensión de la responsabilidad social del conocimiento científico y tecnológico.

3.2. Indicadores respecto a habilidades intelectuales

- Controlar variables.
- Hacer discriminaciones entre observaciones e interpretaciones.
- Reconocer falta de información en una línea de razonamiento.
- Hacer razonamientos inductivos en el desarrollo de modelos.
- Hacer razonamientos deductivos en la predicción de consecuencias de un modelo.
- Hacer razonamientos analógicos.
- Hacer razonamientos hipotéticos deductivos.
- Desarrollar cadenas de razonamientos.
- Resolver problemas.
- Desarrollar razonamientos de proporcionalidad.

El tipo de evaluación que se utilizó en A fue preeminentemente de tipo cualitativa, es decir se puntualizaba si la cualidad que demanda cada indicador está presente o no y en algunos de ellos establece las categorías “de no”, “regular”, “bueno” y “muy bueno”.

En B se utilizan ambos sistemas: la evaluación cualitativa (similar al caso anterior) y cuantitativa (con el establecimiento de una nota).

Se evalúa individualmente y al grupo. Por regla general cada grupo está constituido por tres a cinco personas que han utilizado un sistema de aprendizaje cooperativo especialmente diseñado para trabajar en el contexto de los PEI.

Cuando se entregan los resultados de la evaluación, se procede de la siguiente manera:

- Reunión con cada grupo de trabajo y luego con cada uno de los integrantes del grupo.
- Se comenta los aspectos generales de los resultados obtenidos considerándose los componentes positivos y negativos.
- Se escucha atentamente los razonamientos de los estudiantes frente a las explicaciones dadas.
- En las reuniones con cada uno de los integrantes se habla específicamente de los aciertos y errores que cada uno cometió cuando debió responder individualmente a las situaciones problemáticas planteadas.
- Se elaboran planes de estímulo y apoyo partiendo del resultado de los exámenes para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes. Este punto

implica por parte del docente, elaborar una estrategia que permita integrar el conocimiento académico racional con el socio-afectivo.

- Reunión del equipo docente que dirigió el PEI a los efectos de reflexionar sobre los métodos y las estrategias utilizadas, del nivel de comunicación alcanzado con los estudiantes, y la calidad del "clima de trabajo". En lo PEI se le da a este último aspecto, máxima importancia, porque es básico para evitar el bloqueo emocional y mejorar sensiblemente la autoestima de los estudiantes, tanto a nivel de individuos como de grupos.
- Se habla de los resultados parciales o generales del proyecto en relación a los beneficios observados en las metodologías y estrategias aplicadas (en caso de un PEI exclusivamente áulico), y de los beneficios de las metodologías y estrategias empleadas cuando el tema de contexto áulico sirvió para ayudar a resolver alguna situación concreta de la comunidad.

La condición fundamental de un sistema de evaluación en el ámbito PEI es que el mismo sea educativamente válido, lo que implica, no solamente la calidad de los instrumentos e indicadores utilizados, sino también, que exista un máximo de coherencia entre los criterios y los modos de evaluación. Como todo proyecto tiene un conjunto de propósitos que deben ser claros y orientadores. La evaluación en un sistema complejo como son los PEI, tiene que de alguna manera demostrar su funcionalidad, eficacia y nivel de servicio para resolver los problemas, no solamente a nivel áulico sino también comunitario, recordando que estos proyectos se diseñan para contribuir, desde la educación, al logro de un desarrollo sustentable, compatible e incluyente.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el estudio de los doscientos casos mencionados fueron en general positivos, demostrándose en algunos de ellos en los que se efectuaron comparaciones con formas convencionales de trabajo, mejores resultados en los aprendizajes de los contenidos específicos, como así también, el logro de una capacidad de reflexión en el sentido de que esta manera de trabajar los compromete de una manera diferente con la necesidad de contribuir a satisfacer las necesidades básicas provenientes de las comunidades en crisis de la región (en este caso particular de Argentina). Otro aspecto interesante que se pudo observar es la disminución de actitudes individualistas y egoístas para dar lugar a un mejoramiento de la capacidad de considerar y escuchar al otro.

Los resultados más sobresalientes observados en estos doscientos casos están concentrados en todos los aspectos que hacen al mejoramiento de la calidad humana, es decir la recuperación de una escala de valores que hace posible la comprensión de que quien o quienes tienen un conocimiento disponible pueden hacer con ellos beneficios importantes a su comunidad. Al mismo tiempo éstas retribuyen estos esfuerzos provenientes de los PEI, proponiendo al grupo nuevas actividades y/o tareas.

En la evaluación efectuada respecto a algunos PEI se pudo observar la creación de puestos de trabajos tan importantes en las comunidades en crisis de ciertas regiones de Argentina. Estos resultados nos estimulan para creer que en un futuro no muy lejano, posiblemente en las próximas décadas, Universidad y comunidad lleguen a mimetizarse.

Otro aspecto importante a considerar como resultado de las evaluaciones realizadas es la recuperación de la capacidad propia de hacer (lo cual dio origen a los puestos de trabajos mencionados), hoy tan olvidada en los sistemas educativos de la región (Latinoamérica y en particular de Argentina). Este concepto es valioso para cada comunidad, pues significa el logro de una auto-dependencia al nivel de individuos y grupos sociales en contexto solidarios. Un efecto adicional importante de esta auto dependencia es que la misma sirve como eje del desarrollo sustentable, compatible e incluyente, pues se la entiende como un proceso capaz de fomentar la participación en las decisiones, la creatividad social, la autonomía, y la justa distribución de la riqueza y la tolerancia ante la diversidad de identidades. La auto-dependencia constituye un elemento decisivo en la articulación de los seres humanos con la naturaleza y la tecnología, de lo personal con lo social, de lo micro con lo macro, de la autonomía con la planificación y de la sociedad civil con el Estado.

Estas evaluaciones efectuadas en el ámbito PEI demostraron una ganancia en la auto-dependencia tanto a nivel de individuo como de grupo realmente alentadoras y que nos indica a los evaluadores que estas metodologías y estrategias de trabajo constituyen una alternativa para el logro de un desarrollo sustentable, compatible e incluyente.

REFERENCIAS

1. J.M. Abraham, C.M. Castro Acuña, P.B. Kelter, Trabajos publicados en el *Anuario Latinoamericano de Educación Química (ALDEQ)*, años 2003 a 2006, San Luis, Argentina.
2. *PNUMA: Medioambiente y desarrollo en América Latina y el Caribe. Una visión evolutiva*, México D.F. (1989).
3. J.M. Abraham *et al*., *Temas de evaluación en los PEI: documentos para los cursos de postgrado dictados desde 2002 a 2006*, UNSL, San Luis, Argentina.
4. J.M. Abraham, M.L. Azar, *Ciertos interrogantes que se formulan los científicos y tecnólogos considerados en el contexto de los Proyectos Educativos Integrales PEI*, Anuario ALDEQ 1995-1996 Nº VIII, San Luis, Argentina.
5. L. Lidwing, M.E. Tavini, *Corrientes didácticas contemporáneas*, Paidos, Buenos Aires (1998).
6. E. Deming, *The new economics for industry, government, education*, MA MIT-Center for Advanced Engineering Study (1993).
7. M. Tamayo, *El proceso de investigación científica*, Editorial Limus, México (1981).
8. Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, *La revolución del conocimiento*, VII Convención Científica Nacional, Bogotá (1991).

ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE ACTIVOS DE LA COMPONENTE TEÓRICA: DESAFÍOS, REFLEXIONES Y EXPERIENCIAS

Liliana Mammino
Department of Chemistry, University of Venda, P/bag X5050,
Thohoyandou 0950, Sudáfrica
liliana@univen.ac.za

La enseñanza de las componentes más teóricas de la Química y de la Física requiere la búsqueda de soluciones específicas, porque no es posible evitar que la mayoría de las informaciones sean comunicadas más o menos "desde arriba", por parte del profesor, debido a la naturaleza del contenido. Por otro lado, es necesario diseñar maneras de involucrar activamente a los alumnos, para aumentar la eficacia del aprendizaje. Se considera como ejemplo ilustrativo la componente más teórica de la Química -el modelo atómico-molecular de la materia, incluidos los aspectos mecanocuánticos- y se discuten opciones diversificadas para maximizar la involucración activa.

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de enseñanza activa es complementario al concepto de aprendizaje activo: el maestro hace enseñanza activa cuando el alumno tiene un rol activo en su propio aprendizaje y el maestro es su guía.

Hay componentes de las disciplinas científicas, y aspectos de las aproximaciones didácticas, para los cuales la enseñanza interactiva puede tener un amplio carácter de inmediatez: es fácil para ellas identificar el rol del maestro como guía y es inmediato identificar la naturaleza de sus posibles intervenciones para realizar este rol. Es el caso de las componentes experimentales de las Ciencias, donde las intervenciones del maestro miran a estimular y hacer desarrollar habilidades de observación e interpretación. Es también el caso de las relaciones entre lo que se discute en la aula y la vida cotidiana, un aspecto de importancia didáctica fundamental (1) donde la "guía" puede desarrollarse a través de preguntas planeadas según criterios mayéuticos (2). En particular, la componente experimental ha constituido un enfoque primario de la investigación didáctica y de la práctica de la enseñanza activa de las Ciencias.

Se quiere aquí discutir un asunto diferente: el asunto de la componente teórica. Se observan, en varios contextos, tendencias a disminuir el espacio de las componentes teóricas en la instrucción pre-universitaria y, a veces, también en la primera etapa de la instrucción universitaria. Se opina aquí que estas tendencias son potencialmente peligrosas porque, no ofreciendo a los alumnos adecuada familiarización con una componente fundamental de las Ciencias – una componente íntimamente asociada a la creatividad científica – va a disminuir la posibilidad de que los jóvenes desarrollen una imagen real de la naturaleza de la Ciencia, así como el efectivo desarrollo de sus

mismas habilidades y conocimientos. En particular, la teoría tiene un papel fundamental sea en la Física sea en la Química. En ambas Ciencias hay interacciones continuas entre las informaciones experimentales y la elaboración teórica, y en ambas Ciencias el desarrollo de la elaboración teórica confía (aunque de manera algo diferente) con la Matemática como guía y lenguaje. Así, no darle bastante espacio a la teoría se traduciría en la transmisión de una visión tan incompleta de las dos Ciencias que los alumnos no lograrían a adquirir una imagen real de su naturaleza. Por lo tanto, se opina que la solución de las dificultades observadas en relación a las componentes teóricas no puede ser la disminución de estas componentes, sino la búsqueda de maneras para involucrar activamente la atención y los esfuerzos de los alumnos también cuando se habla de teoría. Esto es más difícil que para otras componentes, porque la teoría no puede ser "construida" por el alumno, aunque tenga un "guía": el joven no puede, en el espacio de su carrera de alumno, reconstruir con sus esfuerzos lo que la Humanidad ha construido en muchos siglos. Por otro lado, una Didáctica de pura transmisión de informaciones tiene el riesgo (muy probable) de no lograr un nivel de interés y de interiorización tal que pueda garantizar un nivel mínimo de familiarización con la disciplina y su naturaleza. Se necesita, por lo tanto, crear y planear momentos activos que faciliten la apropiación del contenido teórico por el alumno. Momentos activos se pueden realizar principalmente a través de interacciones en el mismo curso de la explicación (incluidas preguntas que mantengan viva la atención del alumno) y a través de preguntas y ejercicios oportunamente planeados, que siguen a la explicación y se integran a ella.

Como componentes teóricas, se hace referencia aquí sobre todo a las que se asocian a la creación de modelos, incluida la modelización matemática. Hay componentes de la modelización que son susceptibles de construcción activa (oportunamente guiada) por parte de los alumnos. Un ejemplo es el modelo de los gases ideales. Se pueden introducir las tres leyes (Boyle-Mariotte, Gay Lussac, Charles) como relaciones entre dos de las tres propiedades de estado (P, V, T) cuando la tercera es constante, haciendo o simulando experimentos y guiando a los alumnos a su interpretación. Una vez establecida la uniformidad de comportamiento de los gases ideales, se desarrolla el razonamiento hacia la conclusión de que las propiedades individuales de las moléculas, como el volumen molecular y las interacciones entre moléculas, no influyen sobre el comportamiento del gas. Por otro lado, hay componentes teóricas donde la proporción sistemática de informaciones por parte del maestro es la única opción posible. Un ejemplo típico es la presentación del soporte teórico fundamental de la Química, es decir, la presentación del modelo atómico-molecular. Se elige aquí como ejemplo para una discusión detallada, porque sus características son óptimas para ilustrar aspectos prácticos y aplicativos de una presentación que trate de involucrar activamente los alumnos, aún cuando no es posible involucrarlos en una operación de "construcción" de la teoría. La discusión se basa sobre investigaciones didácticas y experiencias concretas de aplicaciones en la preparación de material de enseñanza (3, 4), y en el trabajo en el aula. Este último se ha realizado más frecuentemente con alumnos "en desventaja", cuya preparación al

ingresar a la Universidad es inadecuada en términos de conocimientos adquiridos, y en términos de aproximación al aprendizaje y a las ciencias, requiriendo así atenciones particulares para que el acto didáctico pueda lograr resultados.

2. EL CASO DEL MODELO ATÓMICO-MOLECULAR DE LA MATERIA

Las opciones para favorecer un aprendizaje el más activo posible son diferentes para la parte que permanece en el ámbito de la Física clásica y para la componente mecanocuántica. En el primer caso, la historia de como se ha llegado a las varias conclusiones intermedias del desarrollo del modelo atómico-molecular de la materia ofrece interesantes posibilidades de empeñar activamente a los alumnos. La práctica de la presentación del modelo ya reconoce ampliamente el rol del desarrollo histórico, como la única clave que permite de entender por qué el modelo actual es así. Se puede considerar más en detalle cómo hacer de eso una herramienta de aprendizaje activo.

Preguntas que estimulen reflexiones sobre las observaciones experimentales, subrayando las relaciones entre éstas y la formulación de hipótesis, pueden guiar el alumno a comprender y parcialmente construir el modelo que de ellas salio para explicarlas. En la primera, lejana etapa de la hipótesis atomista de los antiguos filósofos griegos (Demócrito, Leucipo) las observaciones experimentales eran de hecho fenómenos conocidos de la experiencia común, sobre los que ellos reflexionaron. Uno de los más importantes fue el fenómeno de mezcla de sustancias diferentes, y los filósofos atomistas llegaron a la conclusión que es posible interpretar el proceso de mezcla solamente con la hipótesis que la materia está hecha de partículas (4,5). Para estimular las reflexiones activas de los alumnos se puede, por ejemplo, invitarlos a dibujar cómo se puede imaginar que ocurra el proceso, utilizando la hipótesis de partículas (4) y también la hipótesis opuesta (es decir, la hipótesis que la materia sea continua): de esta manera es muy fácil convencerse de que solamente la primera opción es posible, y la interiorización de la conclusión es facilitada por el empeño directo de los alumnos, y por la eficacia de la visualización.

La primera etapa histórica presentada muy frecuentemente en los libros de texto es la teoría atómica de Dalton, como modelo que nace de la interpretación de las leyes ponderales. Después de la introducción de las leyes ponderales como filiaciones directas de las observaciones experimentales, se puede invitar los alumnos a explicarlas en términos de átomos, según el modelo de Dalton (4), logrando así una involucración activa. Haciéndolo según la secuencia histórica real, se ofrece también activamente un ejemplo concreto del método científico (desde las leyes de Lavoisier y de Proust nace la teoría de Dalton, que las interpreta; desde la teoría, el mismo Dalton predice la ley de las proporciones múltiples; su confirmación experimental, por otro químico, constituye una confirmación de la teoría).

Se puede seguir con la misma aproximación (presentar las informaciones experimentales y estimular los alumnos a interpretarlas, guiándolos con preguntas apropiadas) para las otras etapas que se quedan en el ámbito de la Física clásica. De esta manera, el descubrimiento de la radioactividad es el descubrimiento de la

existencia de partículas más pequeña del átomo y eléctricamente cargadas: una vez establecido eso, se pueden guiar los alumnos a una serie de conclusiones intermedias (que el átomo contiene partículas mas pequeñas, y que por los menos unas de ellas están cargadas; que el total de las cargas positivas y de las cargas negativas tiene que ser igual, porque el átomo es neutro). Una presentación detallada de los resultados del experimento de Rutherford permite de guiar los alumnos a su interpretación, hacia la conclusión del modelo nuclear del átomo.

El modelo de Rutherford es la última etapa histórica para la cual se pueda utilizar esa aproximación didáctica de preguntas que estimulen reflexiones sobre las observaciones experimentales y ayuden a construir su interpretación. Las últimas preguntas pueden evidenciar las contradicciones del modelo: dos cargas de signo opuesto que se atraen, pero con el electrón que no acaba cayéndose sobre el núcleo, sino se queda en el espacio a su alrededor. Los desarrollos conceptuales para superar esas contradicciones no son algo a que los alumnos puedan llegar a través de reflexiones guiadas: ni la hipótesis de cuantización del momento angular de la teoría de Bohr, ni la compleja descripción matemática del modelo mecanocuántico (de lo cual se presentan habitualmente los resultados descriptivos a nivel de cursos básicos e intermedios, y se trata solamente a niveles avanzados). Unos autores preguntan si no sería mejor no presentar el modelo mecanocuántico, por ser demasiado difícil para que los jóvenes puedan comprenderlo (6). Se opina aquí que eso sería privar a los jóvenes de un contacto verdadero con la Química, faltando darle una imagen de su naturaleza como Ciencia (Ciencia de las sustancias y Ciencia de las moléculas).

La introducción de las teorías modernas (orbitales atómicos y su rol en el enlace químico) en la escuela secundaria en las décadas de 1960 y de 1970 había tenido el objetivo de ofrecer a los jóvenes un contacto auténtico con la Química moderna. Los desarrollos de las últimas décadas, con el rápido desarrollo de los estudios de las moléculas (Química teórica y computacional) y de sus aplicaciones (desde el diseño de fármacos y de otras sustancias hacia el nuevo amplio dominio de las nanociencias) confirman la validez de aquella opción. Es verdad que muchos alumnos han encontrado y encuentran dificultades con las componentes teóricas asociadas al modelo mecanocuántico (7,8), pero excluirlas de los programas no es una solución, mucho menos ahora. En los medios de comunicación se habla de Nanotecnologías, y no se puede no darle a los jóvenes la posibilidad de contactos con informaciones fundamentales como la que el electrón es también una onda, además de ser una partícula, y las consecuencias que de eso se obtienen.

Así, el asunto no es eliminar una componente fundamental del contenido de los cursos, sino investigar las raíces de las dificultades de los alumnos y tratar de proyectar aproximaciones nuevas. Se opina aquí que una de las causas mayores de las dificultades es el hecho que esa componente, por su misma naturaleza, es presentada “desde arriba” y, faltando la involucración activa de los alumnos, se queda como algo superficial y nebuloso en las percepciones de muchos de ellos. El asunto consiste en buscar un compromiso entre la necesidad de proporcionar una cantidad de informaciones “desde arriba” y la necesidad de involucrar los alumnos activamente.

Las herramientas que se han revelado más aptas para estimular participación activa al discurso conceptual son las preguntas a nivel de interacción (que pidan exploraciones entre lo que los alumnos pueden conocer y que pueda integrarse a la explicación), la visualización y las preguntas y ejercicios después de la explicación.

Las preguntas en esta etapa son diferentes de las discutidas antes, que buscaban estimular reflexiones interpretativas. Uno de los problemas más relevantes, frente a los modelos mecanocuánticos es la percepción de abstracción, presente aun en cursos avanzados (9), y mucho más en los de la escuela secundaria o del primer año de la Universidad. Preguntas que pidan exploraciones entre lo conocido pueden disminuir la percepción de abstracción y, al mismo tiempo, facilitar la comprensión conceptual o el nivel de interiorización, gracias a la atención y al tiempo dedicados a los conceptos.

Por ejemplo, la información que el electrón tiene doble naturaleza, de partícula y de onda, raramente engendra percepciones o imágenes, si éstas no son estimuladas. Aún antes de proporcionar la información, se puede pedir a los alumnos que traten de identificar todas las diferencias entre partículas y ondas, con referencia a la experiencia cotidiana y a lo que ya conocen de la Física (que, en general, se refiere al mundo microscópico, es decir, a la Física clásica). Se puede también ilustrar esas diferencias con imágenes simples (4). Las diferencias principales (4) conciernen los conceptos de posición y de trayectoria (definibles para las partículas, y no para las ondas), el de suma (una suma de números para las partículas, el patrón de interferencia para las ondas), el comportamiento cuando hay fisuras en una barrera (la partícula puede pasar solamente a través de una fisura, y solamente si tiene la trayectoria apropiada; la onda pasa siempre, y a través de todas la fisuras), el comportamiento cuando hay obstáculos pequeños (la partícula es reflejada, la onda puede rodearlo), la posibilidad de tener carga eléctrica (posible para las partículas, y no para las ondas). Después que los alumnos han identificado y aclarado (si es necesario) esas diferencias, la información que el electrón tiene las propiedades de ambas entidades (partículas y ondas) va a tener un impacto mas significativo. Mostrando de inmediato que el electrón es algo muy diferente de lo que conocimos de la experiencia cotidiana, prepara también el terreno para informaciones sucesivas, incluso el concepto de que no podemos hablar de posición o de trayectoria de electrón en el átomo (o en la molécula), y que la visualización del concepto de orbital (los diagramas habituales se refieren a la densidad de probabilidad angular) tienen limitaciones, incluido el hecho que dibujamos un límite espacial con una línea, mientras que en realidad ese límite es borroso.

Una opción que se revela eficaz es también la de derivar preguntas desde confusiones o dificultades observadas en cursos precedentes. Por ejemplo, en cursos de nivel intermedio se puede ya informar los alumnos que, desde el punto de vista matemático, la hibridación de orbitales es una combinación lineal de los orbitales involucrados; después, cuando se presenta el modelo de orbitales moleculares, se los informa que es conveniente expresar el orbital molecular como combinación lineal de orbitales atómicos.

Se ha observado que es importante pedir a los alumnos que reflexionen sobre la

diferencia fundamental entre las dos combinaciones lineales, y seguir con la discusión hasta cuando unos alumnos llegan a la respuesta (los orbitales atómicos involucrados pertenecen a un solo átomo en el caso de la hibridación, a dos o mas átomos en el caso de los orbitales moleculares).

La visualización tiene una función fundamental para darle concreción a los objetos y fenómenos del mundo microscópico, ilustrando (aún con aproximaciones) las características principales de los objetos (por ejemplo, la estructura tridimensional de las moléculas) y la naturaleza y secuencia de eventos (por ejemplo, los detalles de la formación de un enlace o las etapas de un mecanismo) (10). Por otro lado, su utilización como herramienta para involucrar activamente los alumnos requiere opciones interactivas, como:

- La construcción (individual o colectiva) de imágenes por los mismos alumnos y su discusión en la aula (11). Esta herramienta se revela útil también a niveles avanzados, cono los cursos de Química teórica (12).
- La discusión del grado de "verdad" de las representaciones a través de imágenes (por ejemplo, de las varios tipos de representaciones de moléculas (4)), o del grado de corrección conceptual de analogías (por ejemplo, si se utiliza la imagen de una escalera para ilustrar el concepto de cuantización, ¿cual es la cantidad física que ilustra sin pérdida de rigor el concepto de "poder tener solamente ciertos valores"? (13)).

Las preguntas y los ejercicios que se proponen después de la explicación tienen la doble función de guiar el alumno en su propio estudio individual y de facilitar la averiguación del grado de comprensión obtenido. Por eso es importante que no ofrezcan solamente la posibilidad de repetir (o re-escribir) las informaciones adquiridas, o utilizar patrones estándar (frecuentemente memorizados), sino que requieran también un empeño activo de reflexión. Se considera óptimo mezclar preguntas o ejercicios que se puede responder con la repetición de informaciones o patrones, y preguntas o ejercicios que requieran un empeño personal adicional. De esta manera, los primeros, además de constituir una guía al estudio, favorecen percepciones de familiaridad (re-encontrar cosas ya encontradas y revisarlas), mientras los segundos proporcionan algo de novedad y la necesidad de reflexionar. Por ejemplo, escribir la configuración electrónica de elementos es un tipo de ejercicio necesario; por otro lado, una vez que el alumno ha aprendido el orden de energía creciente de los orbitales atómicos, es también un tipo de ejercicio que sigue un patrón constante. Ejercicios que proporcionan la configuración electrónica y piden de identificar el grupo y el periodo al cual el elemento pertenece requieren reflexiones sobre la correspondencia entre la configuración electrónica y el sistema periódico y, cuando son propuestos por primera vez (en el aula) empeñan los alumnos en la búsqueda de criterios, con ventajas para la comprensión conceptual.

3. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La componente teórica tiene un rol fundamental en Física y en Química y, por lo tanto, es necesario que tenga una presencia adecuada en el contenido de los cursos, si

se quiere que los alumnos puedan desarrollar una imagen realística de las dos Ciencias. Por otro lado, se han constatado dificultades mayores hacia las componentes teóricas, y se puede pensar que una de las razones principales (si no la principal) es el hecho que la presentación de estas componentes frecuentemente no integra el aprendizaje activo. Una posible respuesta es la de buscar un compromiso el mayor óptimo posible entre la necesidad de proporcionar una cantidad de informaciones “desde arriba”, cuando se presentan teorías, y la necesidad de involucrar los alumnos activamente. Se ha elegido, como ejemplo ilustrativo particularmente apto para discutir posibles caminos para la realización de tal compromiso, la componente más teórica de la Química, es decir, el modelo atómico-molecular de la materia. El modelo es reconocido como fundamental para la comprensión conceptual de los fenómenos químicos (14,15). Por otro lado, los alumnos encuentran frecuentemente dificultades en relación a sus aspectos más teóricos (como los que se asocian al modelo mecanocuántico). Se han propuesto opciones y caminos para realizar varios momentos de aprendizaje activo, aún en correspondencia a los temas más teóricos.

Las opciones propuestas confían con una aproximación de enseñanza interactiva. Se han todavía observado dificultades y rémoras a las interacciones en el aula por parte de algunos profesores. Una causa de tal actitud tiene sus raíces en el hecho que, en muchos contextos, los que enseñan Química en la Escuela Secundaria no son químicos, sino que tienen licenciaturas de otras áreas científicas. Eso obviamente decrece la familiaridad con muchos detalles del discurso químico y, en manera más relevante, la familiaridad con los aspectos teóricos. Cuando el nivel de confianza de un profesor con su conciencia detallada de un tema se queda bajo de un cierto límite (que es diferente a según del individuo y sus percepciones), el profesor puede no tener bastante confianza para utilizar aproximaciones interactivas en la aula. Las intervenciones posibles pueden proponer talleres o cursos breves temáticos para profesores de Química (donde se discuten sea los detalles del contenido, sea las aproximaciones a su presentación), o utilizar la preparación del libro de texto para aclarar cuan mas numerosos aspectos que la experiencia y la investigación han identificado como “difíciles” o “problemáticos” aun para los maestros. Se ha utilizado esa opción (3,4) en encuentros con profesores que han utilizado estos libros y han confirmado su validez para ambos objetivos: facilitar la preparación del profesor antes de ir al aula y aumentar su disponibilidad a interacciones.

En conclusión, se considera que la importancia de las componentes teóricas de la Química y de la Física sugiere la importancia de una familiarización adecuada de los alumnos con estas mismas componentes, sea en términos de informaciones, sea en términos de aproximaciones metodológicas. Para disminuir las frecuentes percepciones de abstracción y otras dificultades que se observan en relación a las componentes teóricas, es necesario crear momentos de aprendizaje activo (de involucración activa de los alumnos), que se integren al suministro de informaciones “desde arriba”, inevitable para ciertas componentes teóricas. Se han considerado unas opciones ya experimentadas para este objetivo, mientras que la investigación para su optimización y la búsqueda de otras (nuevas) está aún en curso.

REFERENCIAS

1. G. Pinto (Ed.), *Didáctica de la Química y Vida Cotidiana*, Sección de Publicaciones de la ETSI Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (2003).
2. L. Mammino, *Anuario Latinoam. Educación Química*, **2005-2006**, Vol. XXI, 241.
3. L. Mammino, *Chimica Viva*, G. D'Anna, Florencia, 1994.
4. L. Mammino, *Chimica Aperta*, G. D'Anna, Florencia, 2003.
5. G. Giannantoni (Ed.), *I presocratici*, Laterza, Bari, 1986.
6. G. Tsarpalis y G. Papaphotis, *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, **2002**, Vol. 3(2), 129.
7. R. Cervellati y D. Perugini, *J. Chem. Educ.*, **1981**, Vol. 58, 568.
8. G. Tsarpalis, *Research in Science Education*, **1997**, Vol. 27, 271.
9. L. Mammino, *J. Molec. Struct.* (*Theochem)*, **2003**, Vol. 621, 27.
10. L. Mammino, *Anuario Latinoam. Educación Química*, **1998**, Vol. X, 54.
11. L. Mammino, *Ibíd.*, **1999**, Vol. XII, 70.
12. L. Mammino, *XXIV ConfereniaInternacional de Quimicos teoricos de Expresion Latina*, Puebla (Mexico), 1998.
13. L. Mammino, *Anuario Latinoam. Educación Química*, **2006**, en prensa.
14. D.L. Gabel, *J. Chem. Educ.*, **1993**, Vol. 70(3), 193.
15. L. Cardellini, *Proceedings of the X National Congress of the Italian Chemical Society* **-** *Educational Section*, **1996**, 323.

LA EVALUACIÓN-REGULACIÓN EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE TERMODINÁMICA

Susana Flores Almazán, Teresa Delgado Herrera, Luis Miguel Trejo
Departamento de Fisicoquímica, Facultad de Química
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
Edificio B (102), D.F. 04510 México. lmtrejo@servidor.unam.mx

La resolución de problemas es una parte medular de la enseñanza y el aprendizaje de la Termodinámica. Los docentes dedicamos mucho tiempo a enseñar estos procedimientos sin obtener resultados satisfactorios. Los estudiantes no suelen saber qué hacer y, en general, no entienden lo que hacen. Para ayudarles a entender qué es un problema y cómo se puede resolver, proponemos el uso de la evaluación-regulación como una estrategia que enriquece este proceso, además de explicitar la comprensión conceptual y la importancia del lenguaje de la termodinámica.

1. OBJETIVO

El objetivo fundamental que nos planteamos fue mejorar el aprendizaje de los estudiantes en sus conocimientos procedimentales acerca de la resolución de problemas de lápiz y papel en un curso de Termodinámica Clásica a nivel universitario.

2. METODOLOGÍA

Se revisa la literatura especializada para conocer los resultados de investigaciones educativas recientes sobre la resolución de problemas en Ciencias. De su análisis se propone una innovación en la resolución de problemas en Termodinámica de nivel universitario que contemple la evaluación-regulación del aprendizaje de los estudiantes. Esta propuesta se lleva a la práctica para ser optimizada.

3. INTRODUCCIÓN

Resolver problemas es una actividad típica para evaluar el conocimiento de los alumnos en cursos de Ciencias. Y, en general, es un objetivo que se persigue en la enseñanza de estos cursos. Investigaciones a lo largo del tiempo demuestran que, al final de su ciclo escolar, los alumnos todavía no son capaces de realizar esta actividad, por múltiples razones (1). Para remediar esta situación se ha propuesto que el alumno debe resolver muchos problemas, porque no ha resuelto suficientes. Sin embargo ahora se sabe que esto no es la solución, ya que los alumnos aún no alcanzan la comprensión conceptual necesaria (1, 2).

En nuestro caso, impartimos un curso de Termodinámica Clásica en la Facultad de Química de la UNAM para estudiantes de nuevo ingreso de todas las carreras

relacionadas con la Química. Se pretende que los estudiantes adquieran conocimientos declarativos y procedimentales, es decir, cómo resolver problemas, tanto experimentales como de lápiz y papel. A lo largo de nuestra experiencia docente hemos confirmado muchas de las dificultades señaladas por la literatura especializada (1,3-5). Después de realizar un experimento en donde el conocimiento de la parte teórica es muy importante para poder interpretar y analizar los resultados que se obtienen y que más adelante les permiten realizar cálculos de lápiz y papel, manejando la información experimental que obtienen, se esperaría que siguiendo este camino los resultados fueran satisfactorios, pero la experiencia de muchos años, nos indica que aún después de la realización del experimento exitoso, el manejo de los datos en los cálculos, deja mucho que desear, porque los estudiantes tienen serias dificultades para relacionar lo que han hecho en la práctica, con lo que se encuentra reflejado en las ecuaciones.

Por todo lo anterior, creemos que es muy importante tanto en teoría como en el laboratorio, se dedique un tiempo a la realización de problemas de lápiz y papel, enseñándoles a los estudiantes estrategias sobre como abordar los problemas y cómo asegurarse que las respuestas obtenidas sean las correctas.

Un aspecto poco mencionado en la literatura especializada de resolución de problemas, pero importante para nosotros en nuestro trabajo académico, es el fomentar la evaluación-regulación del aprendizaje. Esto lo hacemos mediante instrumentos facilitados por el profesor y en muchos casos elaborados por los mismos estudiantes, donde se van percatando, a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje, de las dificultades que tienen y reflexionen sobre cómo superarlas (6). En el contexto de resolución de problemas utilizamos la evaluación-regulación como una estrategia didáctica para que los jóvenes sean conscientes de sus aciertos y sus errores y en el transcurso de su aprendizaje puedan irse regulando, al mismo tiempo que nosotros los profesores.

4. RESULTADOS

Sobre resolución de problemas en Termodinámica existen pocos artículos educativos (7,8). En éstos se indica que existen dificultades adicionales si se emplean los algoritmos utilizados en otras asignaturas, por ejemplo Química. Esto se debe tanto al lenguaje específico como a la habilidad matemática superior que se maneja. Estos aspectos se atienden de forma explícita durante el procedimiento general de resolución de problemas (1). A continuación se describe la estrategia de enseñanza específica para fomentar su habilidad para resolver problemas.

Antes de abordar la resolución de un problema, primero se estudia la parte teórica necesaria para poder resolverlo y se enfoca desde el experimento que se realizó en el laboratorio, después se resuelven algunos problemas sencillos como ejemplos y es hasta entonces, que se les plantea un problema integrador para que ellos lo resuelvan y se les da un tiempo mínimo para que lo hagan. Cuando se ha terminado el tiempo, se pregunta a qué resultado han llegado y, sorprendentemente, obtienen distintos

resultados numéricos, por lo que pasamos al pizarrón a tres estudiantes de resultados distintos a que escriban sus cálculos y que los expliquen; el resto de los estudiantes está viendo en sus cuadernos lo que hicieron, les pedimos que escuchen las explicaciones de sus compañeros. En ese proceso se establece un diálogo con los que están exponiendo hasta que se determina cuál es el procedimiento y el resultado correcto, lo cual les permite a todos detectar sus errores u omisiones, y se les insta a que hagan preguntas, tanto a los compañeros como a los profesores. Al terminar este proceso, se pide que se califiquen tomando como base que el procedimiento tiene un valor de la mitad de la calificación y el resultado correcto la otra mitad. También se les pide que escriban cuáles fueron sus observaciones sobre: ¿por qué se equivocaron? Y qué tienen que hacer para no volver a cometer el mismo error u omisión.

Un ejemplo específico de cómo se trabaja se describe a continuación: En un problema de examen que dice así: “Un recipiente de acero contiene 200 litros de un gas cuya presión es 0,8 atm y una temperatura desconocida. Cuando la temperatura aumenta en 90 grados Fahrenheit la presión aumenta 0,08 atm. Calcula la temperatura final del gas en grados Kelvin”. Antes de enfrentarse a este problema, los estudiantes habían realizado varios problemas en donde se les planteaban situaciones parecidas y antes habían realizado en el laboratorio experimentos sobre medidas de la presión de un gas, con un manómetro en U, de agua y de mercurio, también habían construido una escala termométrica arbitraria, por lo que el concepto de ΔT ya se encontraba discutido y aplicado, sin embargo de 60 estudiantes que resolvieron el problema 40 lo tuvieron mal y sólo 20 lo hicieron correctamente.

De los estudiantes que no llegaron al resultado correcto, la mayoría plantearon el procedimiento adecuado para una buena solución, sin embargo cometieron el error más común, que es, no utilizar correctamente los datos. Algunos comentarios de los estudiantes acerca de sus errores fueron:

- No supe interpretar los resultados y no iguale, sólo despeje la temperatura final y no sabía cómo determinar el aumento de temperatura.
- Todo mi razonamiento fue correcto, lo único que no hice bien fue tomar la presión final correcta, ya que utilice el incremento de presión como presión final.
- Yo considero que me equivoqué por las prisas, y se me olvidó transformar desde un principio los grados Celsius y Fahrenheit y no razoné que el aumento de temperatura era lo mismo en Celsius y en Kelvin, así como el aumento en Fahrenheit era lo mismo que en Rankine.

Más o menos así son todas las explicaciones que hacen sobre sus errores, algunos no consideran haberse equivocado porque no entendían bien el problema, y achacan el error a la prisa o a que se les olvido como hacerlo. Sin embargo, hay quienes sí lograron auto evaluarse y adquirir conciencia de sus errores, por ejemplo:

- Utilice las temperaturas arbitrarias Celsius y Fahrenheit dentro de la ecuación general de los gases ideales, en lugar de las temperaturas absolutas Kelvin o Rankine, por eso tuve mal todo el problema.
- No consideré la presión final como la suma de la presión inicial más 0,08 atm, tampoco utilice temperaturas absolutas en la ecuación del gas ideal.

- No supe plantear el problema, primer error es que no entendí “aumento en 90 ^{o}F” y desde ahí todo tuve mal.

La aceptación y reconocimiento de sus fallos u omisiones, les permitirá en el futuro estar pendientes de no repetirlas, regulando su aprendizaje, con la claridad que se tiene cuando se logra la metacognición de lo que se está estudiando.

Este problema requería aplicar la estrategia de resolución de problemas que se les había enseñado en clase, en donde lo primero que deberían hacer es leer con cuidado el enunciado y tratar de visualizar sobre lo que trata y hacer un dibujo en donde localizaran la presencia de los datos, en este caso se trataba de un recipiente de acero, lo cual les indicaba que el cambio de estado que se produce era a volumen constante, además se indica que no se conoce la temperatura inicial y la temperatura final es la respuesta que se nos pide, aumentando la información de que ésta última es 90 grados Fahrenheit mayor que la primera, con lo que se pueden expresar matemáticamente así: T_1 = Temperatura inicial, $T_2 = T_1 + 90$, siendo 90 un ΔT en grados Fahrenheit, que es lo mismo que un ΔT en Rankine. Esto convierte el valor de T_2 en una temperatura absoluta. Esta consideración no hecha por algunos de los estudiantes los llevó al resultado incorrecto, en el que, el valor que despejaron de la ecuación $P_1/T_1 = P_2/T_2$, les dio en Fahrenheit, olvidando que en la ecuación de los gases ideales está implícito que las temperaturas que se sustituyan deben estar en Kelvin o Rankine, por lo que al despejar de esta ecuación una temperatura, esta se obtendrá en grados absolutos. Al sustituir los datos en la ecuación esta queda así: $P_1/T_1 = (P_1 + 0.08)/T_1+90$, en donde P_1 era igual a 0.8 atm y el ΔP valía 0,08 atm. De esta ecuación se despejaba T_1 = 900 R, así que T_2 valía 990 R, que transformado a Kelvin resultaba 550 K.

Algunos estudiantes cometieron el error de no tomar en cuenta que la presión, aunque era un dato al principio, al obtener la presión en el estado final debería tomarse en cuenta que ocurría un aumento de presión que se proporcionaba, y algunos consideraron que ese aumento de presión era la presión final, y se justifican diciendo que, al leer el problema, detectaron que decía que la “presión aumenta a”, en lugar de la “presión aumenta” solamente.

Hay reticencia a aceptar que se equivocan o que no entienden, y mientras no acepten sus equivocaciones, tenderán a repetirlas, por eso, consideramos muy importante introducir en los alumnos la idea de que equivocarse no es algo que sea malo, ya que sólo los que no hacen nada nunca se equivocan, y que es a través de los errores como adquirimos experiencia: gracias a que nos equivocamos y somos conscientes de ello, podemos corregir y regular nuestro aprendizaje.

Continuando con la estrategia de resolución de problemas, que se les había enseñado, muchos estudiantes se ve que no la utilizaron, pues se dijo que antes de hacer ningún cálculo se debería de imaginar que resultado sería el lógico obtenido, y ellos sólo realizaron cálculos sin ton ni son, es decir, sin razonar si esos valores no resultaban absurdos.

Se tuvo una reunión con los estudiantes para comentar los resultados obtenidos, en donde se les pidió que expresaran verbalmente como se sentían acerca de todo el proceso, algunos siguieron justificándose y cuando se les habló de lo importante que

es para todos, admitir que equivocarse no es algo malo, sino un paso hacia la adquisición de experiencia y madurez, y que cuando no se tenga temor o vergüenza ante la exposición de los errores, se logrará un mejor aprendizaje, que finalmente es nuestro objetivo final. Desde el punto de vista estadístico, el grupo en estudio mejoró en sus calificaciones a partir de que están autorregulándose, pero creemos que esta Didáctica se encuentra enlazada con manejo de sentimientos y valores, de los estudiantes y de los profesores, que es necesario considerar y que magnifican las dificultades del proceso de enseñanza-aprendizaje.

5. CONCLUSIONES

Nuestro estudio pretende ayudar al estudiante a mejorar sus habilidades durante la resolución de problemas. Confirmamos que el introducir la evaluación-regulación permite a los estudiantes participar activamente en su aprendizaje así como mejorar sus estrategias de resolución de problemas en nuestra asignatura. En particular, el índice promedio de calificación mejora. Además, al observar las respuestas de alumnos considerados expertos se confirma lo que la literatura ha encontrado, que éstos tienen una estrategia eficaz y autorregulan su aprendizaje: entienden el problema, saben distinguir las variables involucradas, identifican las incógnitas a resolver, plantean una secuencia lógica, aplican los algoritmos adecuados y analizan, de manera crítica, las respuestas obtenidas.

REFERENCIAS

1. G.M Bodner, J.D. Herron, *Problem solving in chemistry*, en J.K. Gilbert *et al.* (eds.), Chemical Education: Towards Research-based Practice, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands (2002), 235-266.
2. E, Kim, S.J. Pak, *Am. J. Physics,* **2002**, Vol. 70, 759.
3. D. Gil, J. Martínez Torregrosa, F. Senet, *Enseñanza de las Ciencias,* **1988**, Vol. 6, 131-146.
4. J.M. Sánchez Jiménez, A. Oñorbe, *Enseñanza de las Ciencias*, **1996**, Vol. 14, 165-170.
5. J.M. Sánchez Jiménez, A. Oñorbe, *Ibíd*., **1996**, Vol. 14, 252-260.
6. J. Jorba, E. Casellas, *La regulación y la autorregulación de los aprendizajes,* Ed. Síntesis, Madrid (2002).
7. G.D. Peckham, I.J. McNaught, *J. Chem. Educ.*, **1993**, Vol. 70, 625.
8. M. Hamby, *Ibíd.,* **1990**, Vol. 67, 923.

ÍNDICE DE AUTORES

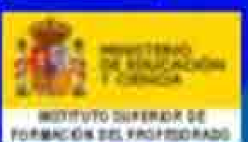


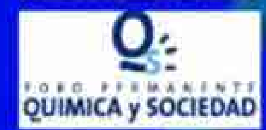














En este libro, auspiciado por el Grupo de "Didáctica e Historia de la Física y la Química" de las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química y el Grupo de Innovación Educativa de "Didáctica de la Química" de la Universidad Politécnica de Madrid, se recogen ideas, ejemplos y experiencias para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de estas Ciencias en los distintos niveles educativos. Los trabajos se presentaron durante la Jornada sobre Aprendizaje Activo de la Física y la Química, celebrada en la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, el 10 de Julio de 2007. Participaron en la elaboración del texto 146 autores de Universidades y Centros de Educación Secundaria de casi toda la geografía española, contando además con la colaboración de autores de otros países.